DIE NATURWISSENSCHAFTEN

17. Jahrgang | 8. November 1929 | Heft 45

Die Änderung der elektrischen Leitfähigkeit in starken Magnetfeldern.

Von O. v. AUWERS, Berlin-Siemensstadt.

Einleitung.

In Heft 34 der Naturwissenschaften 1928 wurde über die Arbeiten von P. KAPITZA über die Änderung des elektrischen Widerstandes von Wismut[1] in starken Magnetfeldern berichtet. Inzwischen hat KAPITZA seine Untersuchungen auf fast alle reinen Metalle ausgedehnt[2] und ist dabei weit über das spezielle Phänomen des Titels hinaus zu so interessanten, zu ganz allgemeinen Erscheinungen der Leitfähigkeit in Beziehung stehenden Gesetzmäßigkeiten gekommen, daß es sich sehr verlohnt, auch hierüber einen Überblick zu geben.

Apparativ erwiesen sich nur wenig Änderungen als notwendig, so daß wir diese an sich interessante und bewundernswerte Seite der KAPITZAschen Versuche als bekannt übergehen können. Nur zur Erinnerung sei noch einmal an Hand von Fig. 1 auf den allgemeinen Gedankengang der

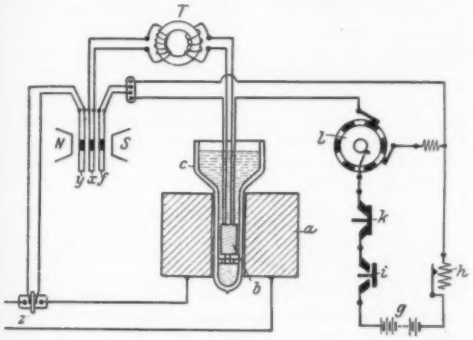

Fig. 1.

Messungen hingewiesen. In der Spule *a* wird für die kurze Zeit des Versuchs (einige Hunderttausendstel Sekunden) ein Magnetfeld von mehreren Hunderttausend Gauß durch Kurzschluß einer Dynamomaschine erzeugt. Im Innern der Spule befindet sich in einem Dewargefäß *c* die zu untersuchende Probe *b*, durch die von der Batterie *g* aus kurzzeitig ein Strom geschickt wird, der den zur Widerstandsbestimmung aus Strom und Spannung notwendigen Spannungsabfall an der Probe hervorruft. In diesem Stromkreis liegen außerdem der Widerstand *h*, der Unterbrecher *l* und die Oszillographenschleife *f*. Öffnen und Schließen des Stromes erfolgt automatisch durch die Schalter *k* und *i*, die durch die umlaufende Dynamomaschine selbst betätigt werden, und zwar — wie früher schon beschrieben — nach Maßgabe der Wellenform des Wechselstroms. Der Strom durch die Spule *a*, der für das Magnetfeld maßgeblich ist, wird über den Nebenschluß *z* durch die Oszillographenschleife *y* aufgezeichnet. Die dritte — empfindlichste — Schleife *x* dient zur Messung des Spannungsabfalls, den der Strom durch *f* an der Probe *b* hervorruft. Diese Schleife ist mit den Enden der Probe *b* über den Transformator *T* verbunden. Es werden also die *magnetische Feldstärke*, die *Stromstärke* durch die Probe und der *Spannungsabfall* an der Probe oszillographisch gemessen, woraus der *Widerstand in Abhängigkeit vom Magnetfeld* graphisch dargestellt werden kann. Bemerkenswert ist die Vollkommenheit, mit der es KAPITZA geglückt ist, die anfänglich sehr starken Verzerrungen (Fig. 2) zwischen Strom- und Spannungskurven im Oszillogramm zu überwinden. Bedingt waren diese Verzerrungen durch die Notwendigkeit, wegen der Kleinheit mancher Effekte einen Transformator zwischen Meßspule und Oszillograph einzuschalten. Als Kernmaterial

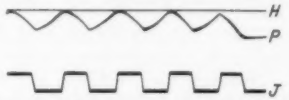

Fig. 2. Strom- und Spannungsoszillogramm mit normalem Transformator.

war Mümetall in Blechen von 0,2 mm Dicke verwandt, das für die in Frage kommenden Feldstärken Permeabilitäten von 3000 . . . 15000 *I'* hat; doch mußte die Selbstinduktion dieses Transformators so klein wie möglich gehalten werden. Verfasser erreichte das in einer an sich bekannten, aber im Erfolg — wie die Figg. 2 und 3 zeigen —

Fig. 3. Strom- und Spannungsoszillogramm mit selbstinduktionsarmem Transformator.

bewundernswert vollkommenen Weise durch Aufteilung der Sekundärwicklung in 8 parallel gelegte Sektoren mit entsprechenden Wicklungssinnen; die Primärwicklung hatte 160, die Sekundärwicklung 8 × 20 Windungen, die mit großer Genauigkeit auf den Kern gewickelt waren.

Ebenso erforderten die Halter für die Proben wegen der notwendigen Güte der Kontakte und

[1] P. KAPITZA, Proc. roy. Soc. Lond. A **119**, 358 (1928).

[2] Proc. roy. Soc. Lond. **123**, 292–372 (1929).

der Schwierigkeiten, störende Drucke auf die Krystallstruktur möglichst zu vermeiden, besondere Vorsichtsmaßnahmen, auf die hier jedoch nur hingewiesen sei.

Wegen der Zusatzkräfte, die die stark paramagnetische flüssige Luft auf die Proben im Magnetfeld ausübte, wurde bei den vorliegenden Messungen im Gegensatz zu den früheren flüssiger Stickstoff zum Abkühlen verwandt. Das hatte außerdem den Vorteil, daß die Temperaturabhängigkeit vom Alter der flüssigen Luft vermieden wurde.

Eine besondere Schwierigkeit lag in der Beschaffung reinster Proben und ihrer Analysierung. Reinheitsgrade von nur 99% erwiesen sich praktisch als unbrauchbar. Vielmehr mußten 99,9% verlangt werden, bei leichten Elementen sogar noch mehr. Daß durch diese Schwierigkeiten manche experimentelle Daten als unsicher bezeichnet werden müssen, liegt auf der Hand, da dem Verfasser nicht bei allen 35 verschiedenen untersuchten Metallen derartig reine Proben zur Verfügung standen, so z. B. bei Beryllium u. a. Die allgemeinen Ausblicke auf die Gesetzmäßigkeiten der elektrischen Leitfähigkeit im Zusammenhang mit der Stellung im periodischen System wurden dadurch jedoch nicht wesentlich beeinträchtigt.

Ebenso bereitete die Herstellung dünner Drähte oder sonst passender Formen der Versuchsstücke in vielen Fällen recht beträchtliche Schwierigkeiten.

Die Durchführung der Messungen geschah in der schon früher von GROTRIAN und mir[1] beschriebenen Weise. Von jedem Element wurden bei jeder Temperatur zwei Oszillogramme aufgenommen, eins von 0—125 Kilogauß und eins von 0—300 Kilogauß. Die Genauigkeit der Ergebnisse schwankte je nach der Größe der Effekte zwischen 0,25 . . . 0,5% (bei Mo und W beispielsweise) und 5% (bei Cr, Be u. a.).

Als Temperaturen waren meist drei gewählt: 1. Zimmertemperatur (ca. 290° K); 2. CO_2-Äthergemisch (193° K) und 3. flüssiger Stickstoff (88° K).

Die Resultate sind in 28 Diagrammen dargestellt, aus denen die Meßgenauigkeit durch die eingezeichneten Meßpunkte der ebenfalls mitgeteilten Protokolle ersichtlich ist, und zwar sind stets die Verhältnisse $\frac{\Delta R}{R}$ der Widerstandsänderungen ΔR zum Widerstand R über den entsprechenden Feldstärken aufgetragen. *$\frac{\Delta R}{R}$ wächst in schwachen Feldern stets proportional dem Quadrat der Feldstärke, in stärkeren proportional der ersten Potenz.* Die Asymptote BC an das geradlinige Stück der Kurven (vgl. Fig. 4) schneidet auf der Abszissenachse eine Feldstärke H_k ab (Punkt A), die KAPITZA die *kritische Feldstärke* nennt. Mit ihr werden wir uns im folgenden noch oft zu beschäftigen haben. Die Kurven lassen sich dann ganz allgemein durch Gleichungen von der Form

$$(1) \qquad \frac{\Delta R}{R} = \beta \frac{H^2}{3 H_k} \qquad H \leqq H_k$$

$$(2) \qquad \frac{\Delta R}{R} = \beta \left(H - H_k + \frac{H_k^2}{3 H} \right) \qquad H \geqq H_k$$

darstellen, wobei die erste unterhalb, die zweite oberhalb der kritischen Feldstärke gilt. β ist der Tangens des Winkels zwischen der erwähnten Asymptote durch A und der H-Achse. Beide Gleichungen stellen einen kontinuierlichen Kurvenzug vom Charakter der Kurve OC in Fig. 4 dar, denn sie gehen für $H = H_k$ mit einer gemeinsamen Tangente ineinander über. In einem späteren theoretischen Teil wird eine mathematische Ableitung für sie gegeben werden. Aus ihrem Bau erkennt man, daß die Werte β und H_k von ausschlaggebender Bedeutung sind und dementsprechend ist das *Ziel der vorliegenden Arbeit* das, *diese beiden Größen mit möglichst großer Genauigkeit für alle Leiter in Abhängigkeit von ihrer Stellung im periodischen System festzulegen.* KAPITZA tut das nach Gruppen des periodischen Systems geordnet.

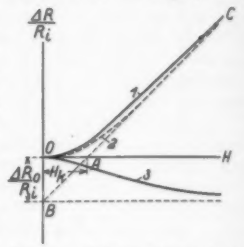

Fig. 4. Schematische Darstellung der Widerstand-Feld-Abhängigkeit.

Experimenteller Teil.

1. *Gruppe:* Li, Na, Ka, Rb, Cs sind wegen ihrer Oxydhäute, die die Güte der Kontakte in Frage stellten, schwer zu behandeln. Li und Na gaben sehr kleine Effekte, die wahrscheinlich mit zunehmendem Atomgewicht weiter abnehmen. Dagegen sind die Elemente der zweiten Kolonne der 1. Gruppe Cu, Ag, Au gut meßbar, da sie sehr rein darstellbar sind.

Wir müssen es uns aus Raummangel versagen, die einzelnen Daten und Erfahrungen an jedem einzelnen Element wiederzugeben, werden aber im theoretischen Teil auf die wesentlichsten Ergebnisse zurückkommen. Die Originalarbeit widmet jedem Element etwa eine Druckseite, auf die bei weitergehendem Interesse verwiesen werden muß.

2. *Gruppe:* Die 2. Gruppe ist durch die Größe der Widerstandsänderung besonders interessant. Das interessanteste, den größten Effekt gebende Be konnte leider nicht hinreichend rein erhalten werden (99,8%). Untersucht wurden: Be, Mg, Zn, Cd und Hg. Aus den mitgeteilten Daten hervorgehoben sei vielleicht die Tatsache, daß ein Be-Draht von 0,3 qmm Querschnitt und 6 mm Länge einen Widerstand von nur $2{,}75 \cdot 10^{-4}\ \Omega$ bei 88° K hat.

3. *Gruppe:* Von der 3. Gruppe konnten nur Al, Ga, In und Tl untersucht werden, wovon nur Al und Tl hinreichend rein waren. Die Elemente der 1. Kolonne Sc, Yt und La waren im metallischen Zustand nicht erreichbar.

[1] Vgl. Naturwiss. 16, 44 und 669 (1928).

4. *Gruppe:* C, Ge, Sn, Pb, Ti, Zr und Th konnten untersucht werden, während Hafnium nicht zu beschaffen war. Der Reinheitsgrad war bei allen, mit Ausnahme des Graphits und Titans, befriedigend.

5. *Gruppe:* As, Sb, Bi, V und Ta. Der große Effekt von Wismut war schon von früheren Untersuchungen (l. c.) her gut bekannt. Antimon hat einen größeren als Arsen, aber einen kleineren als Wismut. Vanadium zeigt bei 88° K und 300 Kilogauß eine Widerstandsänderung von 3,5%; bei Zimmertemperatur ist der Einfluß des Magnetfeldes innerhalb der Fehlergrenze. Ebenso war bei Tantal eine genaue Bestimmung von β und H_k unmöglich.

6. *Gruppe:* Mit Ausnahme von Uran konnten alle Metalle der 6. Gruppe hinreichend rein erhalten werden. Cr, Mo und W zeigten einen beträchtlichen Einfluß des Magnetfeldes auf den Widerstand. Tellur hat keine rein metallische Leitfähigkeit; sein Widerstand sinkt mit steigender Temperatur.

7. *Gruppe:* Von der 7. Gruppe kommt nur Mangan in Frage. Deshalb wurden trotz der großen technischen Schwierigkeiten Anstrengungen gemacht, dies Metall zu untersuchen. In der α-Modifikation zeigte eine Probe bei Zimmertemperatur und bei flüssiger Luft keinen Einfluß. Ein reineres Stück (0,01% Verunreinigungen) zeigte leider zahllose Sprünge, die bei der β-α-Umwandlung entstehen (ähnlich wie es von Wismut her bekannt ist), so daß die Proben zerbrachen, ohne daß brauchbare Messungen ausgeführt werden konnten.

8. *Gruppe:* In der 8. Gruppe wurden nur Fe, Ni, Pd und Pt gemessen, während sich Ru, Rh, Os und Ir trotz großer Reinheit nicht in biegsamen Drähten herstellen ließen. Der Effekt erwies sich in dieser Gruppe im allgemeinen als sehr klein. Besonderes Interesse beansprucht sie durch ihre ferromagnetischen Glieder, deren Widerstandsänderung in schwachen Feldern bekannt ist. Der beobachtete Charakter der Kurven von Fe und Ni ist von allen anderen abweichend: Bei Fe steigt die $\frac{\Delta R}{R}$-Kurve anfänglich normal, geht dann aber nicht asymptotisch in das übliche lineare Gebiet über, sondern zeigt für höhere Feldstärken nach einem Wendepunkt einen ausgesprochenen konstanten Wert, d. h. die $\frac{\Delta R}{R}$-Kurve geht in eine Parallele zur Abszissenachse über statt wie bei allen nicht ferromagnetischen Metallen proportional der Feldstärke anzusteigen. Ebenso benimmt sich Nickel völlig — wenn auch in einem anderen Sinne — abweichend. Es ist das einzige Element, das negative $\frac{\Delta R}{R}$-Werte zeigt, das also mit zunehmender Feldstärke eine Abnahme des Widerstandes statt der sonst stets auftretenden Zunahme zeigt.

Ein genaueres Studium dieser abweichenden Verhältnisse ferromagnetischer Metalle hat KAPITZA einer späteren Arbeit vorbehalten. Es darf aber wohl darauf hingewiesen werden, daß die $\frac{\Delta R}{R}$-H-Kurven von Fe und Ni sowohl dem Vorzeichen wie ihrer Gestalt nach völlig den $\frac{\Delta l}{l}$-H-Kurven, d. h. dem magnetostriktiven Verhalten (der Längenänderung im Magnetfeld) entsprechen, so daß man geneigt ist, anzunehmen, daß sich dieser Effekt der Widerstandsänderung überlagert. Auch KAPITZA nimmt die Überlagerung zweier Phänomene verschiedenen Ursprungs an, ohne sich jedoch vorläufig näher über ihre Natur zu äußern.

Palladium und Platin zeigen demgegenüber wieder das übliche Verhalten.

Legierungen. Der große Einfluß von Verunreinigungen war schon von den Messungen an Wismut her bekannt und hatte sich durchgehend bei den vorliegenden Versuchen wiederholt. Es war deshalb von großem Interesse, die „Verunreinigungen", d. h. die Zahl der Fremdatome, bis zu „Legierungen" zu steigern und die Widerstandsänderung derselben in starken Magnetfeldern zu untersuchen. KAPITZA griff deshalb zur Abrundung — da eine systematische Untersuchung von Legierungen außerhalb seines Arbeitsprogramms lag und wohl vom Standpunkt rationeller Naturgesetzforschung aus kaum als gerechtfertigt erscheinen kann — zwei typische Formen von Legierungen heraus: eine feste Lösung und eine Verbindung. Als erste wählte er Silber-Gold, als zweite Kupfer-Arsen Cu_3As, Domeykit.

Gold-Silber. 75% Au und 25% Ag zeigten weder bei Zimmertemperatur noch bei flüssiger Luft eine merkliche Widerstandsänderung. Bei 300 Kilogauß war der Effekt noch kleiner als 1%. Bemerkenswert ist, daß sich auch der Widerstand der Legierung bei der Abkühlung nur um 13% änderte.

Kupfer-Arsen. Das anfangs sehr brüchige Cu_3As wurde durch Umschmelzen in einen gut biegsamen Einkrystalldraht verwandelt. Der Effekt erwies sich bei 88° K als sehr groß (14%). Trotzdem war wegen zu kleinen Gesamtwiderstandes der Probe die Genauigkeit zur Trennung von β und H_k nicht ausreichend. Immerhin glaubt KAPITZA, daß metallische Verbindungen, die keine festen Lösungen sind, wohl definierte Effekte im Magnetfeld geben. Wegen der möglichen Fälschung des Resultats durch überschüssiges Cu oder As, die neben der Verbindung Cu_3As als „Verunreinigungen" wirken müssen, hat Verfasser weitere Versuche nicht angestellt.

Paralleleffekt. An Wismut hatte KAPITZA den Einfluß des Magnetfeldes auf den Widerstand bei verschiedenen räumlichen Anordnungen[1] untersucht, je nachdem, ob der Strom parallel oder senkrecht zum Magnetfeld angeordnet war. Alle bisherigen Messungen bezogen sich auf den — meist größeren — Transversaleffekt ($I \perp H$). Zur Vervollständigung wurden noch einige Messungen des Paralleleffektes ($I \parallel H$) ausgeführt, und zwar an solchen Proben, die sich entweder am leichtesten behandeln oder am reinsten darstellen ließen. Es waren Cu, Cd, Al, Ga, Mo. Im allgemeinen war der Effekt geringer als im transversalen Fall; auf Einzelheiten werden wir im theoretischen Teil zurückkommen.

Vergleich mit anderen Autoren. Im allgemeinen stimmen die Ergebnisse KAPITZAS innerhalb der Fehlergrenzen seiner und anderer Autoren Messungen überein. Wo Abweichungen vorliegen, erklären sich diese zwanglos aus der Abhängigkeit der kritischen Feldstärke H_k vom Bearbeitungszustand der Metalle. Außerdem hängt

$$\alpha = \frac{\beta}{3H_k} \tag{3}$$

noch von der chemischen Reinheit, der Ungestörtheit des Krystallgitters u. a. Faktoren ab, über die selten hinreichende Mitteilungen gemacht werden oder gemacht werden können.

Dagegen kann KAPITZA nicht bestätigen, daß diamagnetische Substanzen einen besonders großen Effekt geben sollen. Versuchsfehler sind durch besondere Kontrollen ausgeschlossen. Cr, Mo und W geben

[1] Vgl. Naturwiss. **16**, 669 (1928).

große Effekte, obwohl sie stark paramagnetisch sind; auch das stark paramagnetische Pd gibt einen sehr viel größeren Effekt als das diamagnetische Pb und Hg.

Theoretischer Teil.

Allgemeine Theorie. Wir hatten schon früher gesehen, daß der Charakter aller $\frac{\Delta R}{R}$-H-Kurven — mit Ausnahme von Fe und Ni — anfangs quadratisch in H, dann — oberhalb H_k — linear in H ist. KAPITZA versucht, für dieses allgemein gültige Gesetz eine theoretische Deutung aus möglichst wenigen Annahmen zu geben. Er nimmt an, daß ***das lineare Gesetz den eigentlichen Ausdruck der Widerstandsänderung mit der Feldstärke darstellt*** und daß der anfänglich quadratische Teil — der allein vor seinen Versuchen bekannt war — durch eine feldabhängige Störung hervorgerufen wird, die erst durch das äußere Feld überwunden werden muß, ehe das wahre Gesetz in Erscheinung treten kann. Diese Störung ist eine allgemeine Eigenschaft aller Metalle und ihrem Wesen nach ähnlich derjenigen, die ein äußeres Feld im Krystallgitter hervorruft. Unterhalb der kritischen Feldstärke hängt die Widerstandszunahme von der vektoriellen Summe beider Kräfte ab, während oberhalb allein das äußere Feld zu berücksichtigen ist. Nennen wir diesen allgemeinen Vektor, der eine gewisse unordnende Kraft, die jedem Metall eigen ist, ausdrückt, h und seine Proportionalitätsfaktoren je nach der Lage dieses Vektors h zum Strom I β_n und β_p, so ist allgemein die Widerstandsänderung, wenn h mit I den Winkel α bildet, proportional

$$\beta_p h \cos^2\alpha + \beta_n h \sin^2\alpha \tag{4}$$

und

$$\frac{\Delta R_0}{R_i} = \frac{1}{2}\int_0^{\pi} (\beta_p h \cos^2\alpha + \beta_n h \sin^2\alpha) \sin\alpha \, d\alpha, \tag{5}$$

wenn R_i die Widerstandsänderung ohne Berücksichtigung des Teils, der vom Vektor h hervorgerufen wird, ist. R_i sei der *„ideale"* Widerstand und ΔR_0 der *„zusätzliche"* genannt. Bei den Messungen wird die Summe $R_i + \Delta R_0$ beobachtet. Durch Integration erhalten wir

$$\frac{\Delta R_0}{R_i} = \frac{1}{3}(2\beta_n + \beta_p). \tag{6}$$

Wenn ein äußeres Feld H angelegt ist, wirkt statt des Vektors h die geometrische Summe $H + h = \bar{H}$. Um zu der wahren Widerstandsänderung $\Delta R''$, die durch $\bar{H}$ hervorgerufen wird, zu kommen, muß man also in Gleichung (4) h durch $\bar{H}$ ersetzen und über alle Orientierungen von h integrieren.

Für die weitere Rechnung muß man unterscheiden, ob $H \parallel I$ oder $\perp I$ ist. Im letzteren Fall muß der Ausdruck

$$\frac{\Delta R''}{R_i} = \frac{1}{4\pi}\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi} (\beta_n \bar{H} \cos^2\alpha + \beta_p \bar{H} \sin^2\alpha) \sin\gamma \, d\gamma \, d\Theta \tag{7}$$

ausgewertet werden, wenn γ der Winkel zwischen h und H, und Θ der zwischen der Projektion von h auf die auf $H \perp$ stehende Ebene und I ist.

Wir übergehen die an sich einfache Rechnung, die zu zwei Werten für $H \leqq h$ und $H \geqq h$ führt. Der durch das äußere Feld allein hervorgerufene Widerstandszuwachs ist dann — da

$$\Delta R = \Delta R'' - \Delta R_0 \tag{8}$$

ist — gegeben durch die beiden Ausdrücke:

$$\frac{\Delta R}{R_i} = \beta_n \frac{H^2}{3h}\left(1 + \frac{1}{5}\frac{\beta_n - \beta_p}{\beta_n}\right) \qquad [H \leqq h] \tag{9}$$

und

$$\frac{\Delta R}{R_i} = \beta_n\left(H + \frac{h^2}{3H} - h\right) + \frac{\beta_n - \beta_p}{3}\left(h - \frac{h^2}{H} + \frac{h^4}{5H^3}\right) \qquad [H \geqq h]. \tag{10}$$

Dies gilt — wie gesagt — für den transversalen Fall ($I \perp H$). Für $H = o \to h$ wächst — wie man sieht — ΔR proportional H^2; für $H = h \to \infty$ geht die Kurve mehr und mehr in eine Gerade mit der Asymptote:

$$\frac{\Delta R'}{R_i} = \beta_n H - \frac{1}{3} h (2\beta_n + \beta_p) \tag{11}$$

oder wegen (6)

$$\frac{\Delta R'}{R_i} = \beta_n \cdot H - \frac{\Delta R_0}{R_i} \tag{12}$$

über. Beides entspricht den beobachteten Verhältnissen. Die Asymptote schneidet auf der Abszissenachse im Punkt A für die kritische Feldstärke den Abschnitt

$$H_k = \frac{h(2\beta_n + \beta_p)}{3\beta_n} \tag{13}$$

oder wieder wegen (6)

$$H_k = \frac{1}{\beta_n} \cdot \frac{\Delta R_0}{R_i} \tag{14}$$

ab und auf der Ordinatenachse

$$\frac{\Delta R}{R_i} = -\frac{\Delta R_0}{R_i}. \tag{15}$$

Für den Parallelfall ($I \parallel H$) bekommt man auf ganz analoge Weise die entsprechenden Ausdrücke; für die Widerstandsänderung

$$\frac{\Delta R}{R_i} = \beta_p \frac{H^2}{3h}\left(1 - \frac{2}{5}\frac{\beta_n - \beta_p}{\beta_p}\right) \qquad H \leqq h \tag{16}$$

$$\frac{\Delta R}{R_i} = \beta_p\left(H + \frac{h^2}{3H} - h\right) - \frac{2(\beta_n - \beta_p)}{3}\left(h - \frac{h^2}{H} + \frac{h^4}{5H^3}\right) \qquad H \geqq h \tag{17}$$

und für die Asymptote:

$$\frac{\Delta R'}{R_i} = \beta_p \cdot H - \frac{1}{3} h (2\beta_n + \beta_p) \tag{18}$$

oder

$$\frac{\Delta R'}{R_i} = \beta_p \cdot H - \frac{\Delta R_0}{R_i}; \tag{19}$$

ferner für die kritische Feldstärke

$$H_k = h\frac{2\beta_n + \beta_p}{3\beta_p} = \frac{1}{\beta_p}\frac{\Delta R_0}{R_i} \tag{20}$$

und für $H = o$

$$\frac{\Delta R}{R_i} = -\frac{\Delta R_0}{R_i}. \tag{21}$$

Der Charakter der Kurven ist also im Parallelfall dem des Transversalfalles ähnlich, wie die Versuche ebenfalls gezeigt haben. Die Asymptoten schneiden sogar in beiden Fällen auf der Ordinatenachse das gleiche Stück $\frac{\Delta R_0}{R_i}$ ab und ihre Neigungen hängen nur von dem Verhältnis des zusätzlichen zum idealen Widerstand ab, das von β_n, β_p und h unabhängig ist.

Die Asymptoten sind also von der speziellen Verteilung des Vektors h in einem Metall unabhängig und gerade in ihrem Charakter liegt die Rechtfertigung des Ansatzes und die Möglichkeit, den *idealen* und den *zusätzlichen* Widerstand eines Metalls unabhängig von den möglichen Variationen der Werte h und β zu bestimmen.

Setzt man zur Vereinfachung $\beta_n = \beta_p = \beta_0$, gehen die Ausdrücke (9), (10), (16) und (17) wegen (13) $h = H_k$ über in:

$$\frac{\Delta R}{R_i} = \beta_0 \frac{H^2}{3H_k} \qquad H < H_k \tag{22}$$

und

$$\frac{\Delta R}{R_i} = \beta_0 \left(H + \frac{H_k}{3H^2} - H_k \right) \qquad H > H_k \tag{23}$$

und die Gleichung der Asymptote in

$$\frac{\Delta R'}{R_i} = \beta_0 (H - H_k) \tag{24}$$

oder

$$\frac{\Delta R'}{R_i} = \beta_0 H - \frac{\Delta R_0}{R_i}. \tag{25}$$

Vergleicht man (22) und (23) mit (1) und (2), die zur graphischen Darstellung der Meßresultate benutzt wurden, sieht man, daß sie identisch sind, wenn $\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta R}{R_i}$ und $\beta = \beta_0$ ist. Dieser Unterschied der Formeln besagt nur, daß (22) und (23) die Widerstandsänderung bezogen auf den *idealen* Widerstand, (1) und (2) bezogen auf den *totalen* Widerstand, angeben. Da sich später zeigen wird, daß der *ideale* Widerstand R_i für jedes Metall und jede Temperatur eine Konstante ist, der *totale* Widerstand R dagegen mit dem physikalischen und chemischen Zustand variiert, ist die Ausdrucksweise durch (22) und (23) vorzuziehen. Verknüpft sind beide Größen R und R_i durch die einfache Beziehung

$$R = R_i + \Delta R_0 \tag{26}$$

oder wegen (14) oder (20)

$$R_i = (1 - \beta H_k) R \tag{27}$$

und

$$\beta_0 = \beta (1 - \beta H_k). \tag{28}$$

Vergleich zwischen Experiment und Theorie.

Da β_n und β_p keinen sehr großen Einfluß auf die Gestalt der $\frac{\Delta R}{R_i}$-Kurven ausüben, ist die gemachte Vernachlässigung hinreichend erlaubt. Eine nähere Diskussion findet sich in der Originalarbeit. Schwerer wiegend ist die Annahme, daß der Vektor h gleichmäßig über alle Richtungen verteilt ist. Das dürfte wahrscheinlich nur bei nichtkrystallinen Substanzen zutreffen, während im Krystallgitter eine bevorzugte Richtung von h wahrscheinlicher ist. Die — im Original nicht mitgeteilte — Durchführung einer exakteren Theorie für den Fall einer GAUSSschen Verteilung, die R. H. FOWLER gegeben hat, hat gezeigt, daß das wesentliche — der anfänglich quadratische, später lineare Charakter der Kurven — nicht durch zu spezielle Annahmen über die Verteilung von h hervorgerufen ist, so daß der ursprüngliche Ansatz von KAPITZA nach wie vor gerechtfertigt erscheint.

Jedenfalls wird die für die Bestimmung des idealen und zusätzlichen Widerstandes wichtige Asymptote an die $\frac{\Delta R}{R}$-H-Kurven nicht von den Änderungen von h und β beeinflußt.

Der ideale und der zusätzliche Widerstand.

Bestimmt man für verschiedene Metalle und verschiedene physikalische Zustände den spezifischen *idealen* Widerstand σ_i und den spezifischen *zusätzlichen* $\Delta\sigma_0$ getrennt, findet man, daß der spezifische *ideale* Widerstand σ_i eines Elementes für alle verschiedenen mechanischen Zustände innerhalb der Fehlergrenzen *konstant* ist, während sich der *zusätzliche* Widerstand $\Delta\sigma_0$ *mit der Behandlungsweise* um 100—200% *ändern* kann.

Dementsprechend ergibt sich der ideale Widerstand experimentell auch als unabhängig davon, ob das Feld // oder $\perp$ zum Strom angewandt wird.

Gerade umgekehrt ist dagegen der Einfluß der *Temperatur* auf die beiden Anteile des Widerstandes. Innerhalb der — durch die Art der Befestigung der Proben bedingten — etwas größeren Fehlergrenze, die durch mechanische Beanspruchungen der Proben bei verschiedenen Temperaturen unvermeidbar war, ist der *zusätzliche* Widerstand *temperaturunabhängig*, während andererseits der *ideale* Widerstand ungeheuer *stark temperaturabhängig* ist, und zwar bei leichten Elementen stärker als bei schwereren.

Restwiderstand und zusätzlicher Widerstand.

Mag man bisher das experimentelle Geschick des Autors bewundert haben oder mit der Übereinstimmung zwischen Theorie und Versuch zufrieden sein: der Höhepunkt der Arbeit liegt zweifellos in dem folgenden Abschnitt, der den letzten Rest eines gewissen Unbehagens zerstreut, den jede formale, noch nicht mit physikalischem Leben angefüllte Theorie erweckt.

Es ist schon lange bekannt, daß verfestigte Metalle einen höheren spezifischen Widerstand und einen größeren Temperaturkoeffizienten haben als ausgeglühte. Ferner kennt man seit K. ONNES den Restwiderstand, den Metalle in der Nähe des absoluten Nullpunktes unverändert behalten. Dieser *Restwiderstand* hängt ebenso von der physikalischen Beschaffenheit einer Probe ab wie der *zusätzliche* Widerstand KAPITZAS: Beide wachsen mit zunehmender Härte und Verunreinigung. Wir werden sehen, daß sie *identisch* sind, wodurch die zunächst formal erscheinende Aufteilung des Gesamtwiderstandes in 2 verschiedene Anteile sehr an Bedeutung gewinnt.

ONNES und CLAY auf der einen, NERNST auf der anderen Seite haben schon früher eine analoge Zerlegung des Gesamtwiderstandes in 2 Teile — einen „idealen" und einen restlichen — durchgeführt, die sich im einzelnen ebenso gegenüber Temperaturen und mechanischem Zustand verhalten wie der ideale und zusätzliche von KAPITZA (vgl. vorigen Abschnitt). So lag die Identifizierung an und für sich nahe, doch muß man es als einen großen Erfolg ansehen, daß die KAPITZAschen Werte der zusätzlichen Widerstände, die aus ganz anderen Experimenten gewonnen wurden, quali- und quantitativ die durch ONNES und seine Mitarbeiter bekannten Werte für die Restwiderstände

gut wiedergeben. Ein Vergleich der Daten läßt weiterhin erkennen, daß der *zusätzliche* Widerstand mit zunehmender Annäherung an den Einkrystallzustand stark abnimmt.

Zusätzlicher Widerstand und Supraleitfähigkeit.

Diese Erkenntnis wirft neues Licht auf das Wesen der Supraleitfähigkeit. KAPITZA hat supraleitende Elemente wie Hg, Th, Sn, Pb und In besonders sorgfältig untersucht und keinerlei abweichendes Verhalten entdecken können, es sei denn, daß sie ein kleines β und geringe Widerstandsänderung im Feld aufwiesen. Dagegen zeigt sich, daß der *zusätzliche* Widerstand KAPITZAS mit dem Widerstandswert in der Nähe der Schwelle der Supraleitfähigkeit bei ONNES übereinstimmt und daß demnach das Wesen der Supraleitfähigkeit darin besteht, daß der *zusätzliche* Widerstand beim Eintritt der Supraleitfähigkeit *verschwindet* und nur der *ideale* Widerstand übrig bleibt. Diese Erkenntnis läßt vermuten, daß die Supraleitfähigkeit eine Eigenschaft *aller* Leiter ist, die nur deshalb bisher nicht überall beobachtet werden konnte, weil es nicht glückte, stets den *zusätzlichen* Widerstand zum Verschwinden zu bringen. Da der *zusätzliche* Widerstand — der eine andere Ursache hat als der *ideale* — größtenteils durch die physikalischen und chemischen Unvollkommenheiten des Gefüges bedingt ist — während der *ideale* nur von der Temperatur abhängt — darf man vermuten, daß Supraleitfähigkeit mit zunehmender Vervollkommnung der Herstellung von Einkrystallen immer häufiger wird beobachtet werden können. Für heute glückt die Ausschaltung des *zusätzlichen* Widerstandes eben nur dort, wo der Vektor h, der ein Maß für die Störungen ist, einen kleinen Wert hat.

Die von ONNES beobachtete Abhängigkeit der Schwelle der Supraleitfähigkeit von einem äußeren Magnetfeld paßt völlig zu dieser Auffassung, da h — das dem Wesen nach der Störung durch ein äußeres Magnetfeld gleicht —, durch dieses vergrößert wird, so daß Supraleitfähigkeit erst bei tieferen Temperaturen auftreten kann.

Die Bedeutung der β-Koeffizienten.

Wir haben bisher darauf verzichtet, einzelne Werte für β oder H_k anzugeben, da wir an dieser Stelle einen zusammenfassenden Überblick über die β-Koeffizienten geben wollen. Es zeigt sich nämlich, daß β, — das nur von der Temperatur und nicht vom physikalisch-mechanischen Zustand einer Probe abhängig ist, also das wahre Gesetz der Widerstandsänderung mit der Feldstärke wiedergibt — eine Funktion der Stellung eines Elementes im periodischen System ist. Da der Zusammenhang zwischen β und β_0 durch Gleichung (28) bekannt ist, geben wir der Kürze halber die β_0-Werte durch Fig. 5 wieder, die alles wesentliche erkennen läßt. Ein ausgesprochenes Maximum der β_0-Werte zeigt die 2. Gruppe des periodischen Systems, während die β_0-Werte der sog. Übergangsgruppen (wie Ti, V, Fe, Ni, Zr und Ta) so klein sind, daß sie mit der angewandten Methode nicht genau genug bestimmt werden konnten. Dagegen machen Cr, Mo und W eine Ausnahme, denn ihre Widerstandsänderungen sind so groß wie die der 2. Gruppe. Eine weitere Ausnahme machen As, Sb und Bi, auf die wir weiter unten zurückkommen werden.

Zur näheren Charakterisierung mögen folgende Überlegungen dienen:

$$\Delta\sigma_a = \beta_0\,\sigma_i\,\frac{A}{d} \tag{29}$$

sei der absolute Widerstandszuwachs pro Atom und Gauß, wobei A das Atomgewicht und d die Dichte sei. Durch die experimentell zugänglichen Größen dargestellt, lautet der Ausdruck

$$\Delta\sigma_a = \frac{\beta\,R}{R_r}\cdot\sigma_r\,\frac{A}{d}, \tag{30}$$

wobei σ_r der spezifische Widerstand bei Zimmertemperatur ist. Es zeigt sich, daß dieses $\Delta\sigma_a$ für jede Gruppe im allgemeinen von derselben Größenordnung ist und nur wenig mit zunehmendem Atomgewicht zunimmt. Das besagt, da

$$\beta_0 = \frac{d}{A}\,\frac{\Delta\sigma_a}{\sigma_i} \tag{31}$$

ist, daß $\frac{\sigma_i\,A}{d}$, der *ideale spezifische Widerstand pro Atom*, in jeder Gruppe von schwereren zu leichteren Elementen stark abnimmt. Da der ideale spezifische Widerstand R_i bei leichteren Elementen mit fallender Temperatur viel stärker fällt als bei schwereren und σ_i proportional R_i ist, ist damit das Verhalten von β_0 in jeder Gruppe festgelegt.

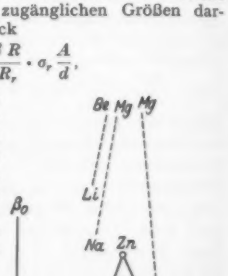

Fig. 5. β_0-Koeffizienten in Abhängigkeit von ihrer Stellung im periodischen System.

$\Delta\sigma_a$ ändert sich langsamer als $\frac{1}{T}$ mit der Temperatur. Um sein Verhalten bei Annäherung an den absoluten Nullpunkt und seinen Wert bei tiefen Temperaturen kennenzulernen — was für das Verständnis der Supraleitfähigkeit von Bedeutung wäre — reichen die KAPITZAschen Versuche nicht aus, da er die Temperaturen nicht hinreichend erniedrigen konnte.

Der Einfluß von Verunreinigungen und Legierungen.

Der Einfluß von Verunreinigungen ist im allgemeinen sehr groß, aber schwer quantitativ zu fassen. Stets wirkt er sich im Sinne einer Störung, d. h. einer Vergrößerung von h, H_k und dem *zusätzlichen* Widerstand aus, während der *ideale* Widerstand davon unberührt bleibt.

Dies gilt jedoch nur für kleine Verunreinigungen. Bei größeren wächst auch R_i und sinkt β_0. Den Grenzfall stellt die oben besprochene Silber-Goldlegierung dar.

Treten jedoch Verbindungen auf (Cu_3As), nähert sich das Verhalten wieder mehr dem reiner Metalle.

Die Widerstandsänderung von As, Sb, Bi *und von Halbleitern.*

Arsen, Antimon und Wismut folgen den hier aufgefundenen Gesetzmäßigkeiten nur bedingt. Dies liegt wahrscheinlich an ihrem zwiespältigen Charakter. As und Sb treten in 2 Modifikationen auf, einer nichtleitenden kubischen (As stabil unterhalb — 70° C, Sb stabil unterhalb — 90° C) und einer rhomboedrischen metallisch leitenden. Bei Bi konnte eine nichtleitende Form zwar nicht aufgefunden werden, muß aber wohl trotzdem angenommen werden. Diese Elemente gleichen zum Teil ihren Nachbarn wie Ge, Se und P, die nichtmetallische Leiter, und grauem Zinn und Tellur, die Nichtleiter sind. Tellur und Germanium werden entgegen dem Verhalten normaler Metalle mit zunehmenden Verunreinigungen bessere Leiter — um einige Zehnerpotenzen — und haben einen umgekehrten Temperaturkoeffizienten. KAPITZA benutzt die geringen Abweichungen des rhomboedrischen Gitters vom kubischen — bei As 25%, Sb 16% und Bi 11% — um Spekulationen über die freie Beweglichkeit der Elektronen in diesen Gittern anzustellen, die experimentell durch die abweichende Größenordnung von $\Delta\sigma_a$ dieser Metalle (10^8 statt 10^{13}) gestützt werden. Er nimmt dabei „lose" und „fest" gebundene Elektronen an, von denen die einen für die metallische Leitung, die anderen für den Diamagnetismus verantwortlich gemacht werden.

Von Interesse ist, daß nach seinen Daten nicht Bi — wie allgemein angenommen wird — sondern Te die größte Widerstandsänderung im Magnetfeld zeigt, die beispielsweise 10000mal größer als die normaler Metalle ist. Schon hieraus folgt, daß der Mechanismus der Widerstandsänderung der Halbleiter ein anderer sein wird als der der echten Leiter. Bei den Halbleitern nimmt KAPITZA eine unmittelbare Beeinflussung des Gleichgewichtes zwischen lose und fest gebundenen Elektronen im Gitter durch das Magnetfeld an.

Graphit verhält sich bei den KAPITZAschen Versuchen wie ein Halbleiter mit lose und fest gebundenen Elektronen und ist deshalb diamagnetisch, während Diamant nur fest gebundene Elektronen hat und nicht leitet.

Vergleich mit anderen Theorien der metallischen Leitfähigkeit.

Als wichtigste Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen KAPITZAS müssen 2 Tatsachen hervorgehoben werden: 1. *daß die Widerstandsänderung eines Metalles im Magnetfeld der Feldstärke direkt proportional ist,* sowohl im parallelen wie im Transversalfall. Und 2. *daß die klare Trennung des zusätzlichen und idealen Widerstandes im gewöhnlich beobachteten Totalwiderstand den Weg für eine aussichtsreiche Theorie der Leitfähigkeit öffnet.*

Daß das erste Gesetz bisher nicht klar erkannt ist, liegt daran, daß sich die Störungen, die in jedem Metall vorhanden sind, bis zu Feldstärken von 100 Kilogauß, jedenfalls bis zur Grenze der Leistungsfähigkeiten stärkster Elektromagnete, bemerkbar machen.

Dementsprechend setzt sich KAPITZA mit den Theorien von J. J. THOMSON, GANS und SOMMERFELD auseinander, die ein quadratisches Gesetz zugrundelegen. Ebenso lehnt er einen magnetischen Ursprung der durch den Vektor h dargestellten Störungen wegen der Größe der notwendigen Feldstärken ab, eine Auffassung, mit der gleichzeitig die LANGEVIN-WEISSsche Theorie des Ferromagnetismus angegriffen wäre. Gegen die Theorien von HOUSTON und BLOCH wendet KAPITZA ein, daß es schwer vorstellbar sei, daß ein gleichmäßiges Magnetfeld ein Anwachsen von thermischen Unregelmäßigkeiten im Krystallgitter hervorrufen soll, noch dazu in kubisch-symmetrischen. Ebensowenig kann er eine Beeinflussung der *Zahl* der freien Elektronen durch das Magnetfeld zugeben. Schließlich könnte man noch an eine Änderung der ablenkenden Kräfte eines einzelnen Atoms, von denen die freie Weglänge der Elektronen, mithin der Widerstand eines Leiters abhängt, durch das Magnetfeld denken. Doch läßt sich das nach KAPITZA mit dem Verhalten der $\Delta\sigma_a$, der absoluten Widerstandszunahmen pro Atom und Gauß, nicht in Einklang bringen. Seine Unterlagen reichen mangels genügend tiefer Beobachtungstemperaturen hierfür nicht völlig aus. Gegen NORDHEIM, der den zusätzlichen oder Restwiderstand ΔR_0 durch Störungen des Krystallgitters durch Fremdatome erklärt, wendet KAPITZA ein, daß sich diese Störungen vektoriell zu einem äußeren Feld addieren lassen und daß ein homogenes Feld die Symmetrie eines Krystallgitters nicht stören kann. Demgegenüber hebt KAPITZA die wichtige *Temperaturabhängigkeit* des *idealen* Widerstandes R_i hervor, die er zwar nicht im einzelnen untersucht hat. Trotzdem kann man aus seinen Daten erkennen, daß der *ideale* Widerstand R_i sehr steil (wahrscheinlich exponentiell) mit fallender Temperatur zu Null abfällt, bei leichten Elementen steiler als bei schwereren. Auch bei Supraleitern nimmt R_i *kontinuierlich — also ohne jeden Sprung* — bis zu unmeßbar kleinen Werten ab.

Schluß.

Wir haben gesehen, daß die Unvollkommenheiten der Realkrystalle die Verhältnisse stark komplizieren, da ihre Einflüsse erst oberhalb 100 Kilogauß merklich zurücktreten. Es wäre deshalb erwünscht, die Versuche an möglichst reinen Einkrystallen fortsetzen zu können und auf so tiefe Temperaturen auszudehnen, daß man in die Gegend kommt, wo $R_i = 0$ und $\Delta\sigma_a$ ein konstanter Wert wird. Wir dürfen von der Ausdauer und dem experimentellen Geschick KAPITZAS auch diese Erweiterung seiner bisherigen Untersuchungen erwarten, die weitere wichtige Bausteine zur Theorie der Leitfähigkeit schaffen wird.

Morphogenetische Analyse der Färbung bei weißen Axolotln[1].

Es gibt zwei Rassen von Axolotln — schwarze und weiße. Die Kreuzung dieser beiden Rassen folgt den Gesetzen von MENDEL, wie schon HAECKER und neuerdings NATALI in seiner genetischen Untersuchung der Rassenmerkmale der Axolotl zeigten. Die Ergebnisse NATALIS werden bei dem Resultat dieser Arbeit in Betracht gezogen.

Andererseits wurde nachgewiesen (HOGBEN, BLACHER, WORONZOWA), daß die Entwicklung und das Beibehalten der dunklen Färbung beim schwarzen Axolotl von der endokrinen Tätigkeit seiner Hypophyse abhängig ist.

Entfernt man nämlich bei einem schwarzen Axolotl die Hypophyse, so erfolgt eine schroffe, dauernde Kontraktion der Pigmentzellen, d. h. das Melanin ballt sich zusammen und das Tier erscheint heller. Nach einiger Zeit verschwindet ein Teil der Pigmentzellen aus der Haut, wie Zählungen beweisen: ein normales Tier hat einen Melanophorenmittelwert von 492, ein längere Zeit hypophysektomiertes Tier von 224 (die Ziffern bedeuten die durchschnittliche Zahl von Chromatophoren in gleich großen Hautstücken). Sobald Hypophysenhormon durch Injektion oder Transplantation zugeführt wird, expandieren sich die zurückgebliebenen Pigmentzellen, d. h. das Melanin verteilt sich wieder in der ganzen Zelle samt ihren verzweigten Fortsätzen. Außerdem zeigen sich neu entstehende dunkle Flecke am Tier und nach einiger Zeit erhält es seine gleichmäßige schwarze Färbung wieder. (Der Melanophorenmittelwert steigt auf 350.)

Die Anwesenheit der Hypophyse beim schwarzen Axolotl bewirkt also:

1. Eine volle Expansion der vorhandenen Pigmentzellen.

2. Die Bildung von neuen Pigmentzellen.

Der Gedanke lag nahe, daß die Weißfärbung des weißen Axolotls vielleicht auf einer verminderten Tätigkeit seiner Hypophyse beruht. Es war also zu untersuchen:

1. Die Wirkung der Hypophyse des weißen Axolotls auf den Expansionszustand seiner Zellen.

2. Ob auch für seine Hypophyse gilt, daß sie die Pigmentbildung anzuregen vermag.

Gerade diese zweite Fähigkeit scheint beschränkt zu sein. *Denn die „Weißfärbung" der weißen Rasse beruht auf einer ganz bedeutend geringeren Anzahl von Pigmentzellen gegenüber der schwarzen Rasse*[2]. (Melanophorenmittel 92 auf den meistpigmentierten Hautstellen, dem Kopf, beim schwarzen Axolotl 492.)

Dagegen sind die Pigmentzellen[3] in ihrer Form in beiden Rassen ähnlich und bei beiden im Normalzustand expandiert. In verschiedenem Expansionszustand der Pigmentzellen ist also der Rassenunterschied nicht zu suchen und zu sehen. Aber die auch beim weißen Axolotl expandierten Pigmentzellen sprechen für die Aktivität seiner Hypophyse.

Nähere Untersuchungen zeigten mehr:

1. Weiße Axolotl wurden hypophysektomiert. Folge ist *Kontraktion* ihrer Pigmentzellen. Bei Implantation der Hypophyse eines weißen Tieres expandieren sie sich wieder.

2. Auch schwarze hypophysektomierte Axolotls expandieren ihre Pigmentzellen wieder, wenn man die Hypophyse eines weißen Tieres implantiert.

Die Hypophyse des weißen Axolotls bewirkt also die Expansion der Pigmentzellen bei schwarzen wie bei weißen Tieren.

3. Länger hypophysektomierte schwarze Axolotls, bei denen, wie wir schon gehört haben, als Folgeerscheinung Pigmentzellen verschwinden, bilden mit der Hypophyse eines weißen Tieres zuerst neue dunkle Flecke, dann ihre normale dunkle Färbung wieder.

Daraus geht „recht sichtbar" hervor, daß die *Hypophyse des weißen Axolotls auch Pigmentbildung hervorruft.*

Man versuchte, um sicher zu gehen, auch Wechseltransplantationen von Hautstücken. (Die Stücke verwachsen leicht und werden bald durchblutet.) Während einer längeren Beobachtungszeit sieht man, daß die Hautstücke ihre Arteigenheit beibehalten (vgl. SCHAXEL Über die Herstellung tierischer Chimären. Genetica 1922), die weiße Haut bleibt auf dem schwarzen Tier weiß, die schwarze Haut bleibt auf dem weißen Tier schwarz, abgesehen von einer kurzen Aufhellung, die wohl nur während des Anwachsens dauerte.

Die Pigmentzellen bleiben in beiden Fällen expandiert. Die Hautstücke finden also im Körper der jeweils anderen Rasse die Bedingungen zu ihrem normalen Fortbestehen. Dies ist ein weiterer Beweis, daß die Hypophyse des weißen Axolotls normal funktioniert. Nebenbei zeigt sich, daß auch das Hypophysenhormon des schwarzen Axolotls die weiße Haut nicht verändern kann.

Es liegt ein Widerspruch darin, daß die Hypophyse des weißen Axolotls, obwohl sie dieselben Fähigkeiten hat wie die des schwarzen, keine intensivere Pigmentation beim weißen Tier zustande bringt.

Man muß nach allem annehmen, daß es *an dem Gewebe liegt*, das auf das Hypophysenhormon reagiert. Die Pigmentation kommt ja doch erst durch Zusammenwirken von Hypophysenhormon und reagierendem Gewebe zustande.

BLACHER hatte im Depigmentationsprozeß beim schwarzen Axolotl eine Gesetzmäßigkeit gefunden. Auf das Fehlen des Hypophysenhormons reagieren zuerst die Bauchpigmentzellen und kontrahieren sich, dann hellt sich die Schwanz- und Rücken- und zuletzt die Kopfhaut auf. BLACHER sprach von Reizschwellen des Gewebes.

Man dachte, der Mangel an Pigmentation beim weißen Axolotl könnte durch eine höhere Reizschwelle seines Gewebes bedingt sein, so daß vielleicht ein *Überschuß* an Hypophysenhormon intensivere Pigmentation hervorrufen könnte.

Solche Versuche wurden gemacht: z. B. bekam ein junger weißer Axolotl zu seiner eigenen noch eine Hypophyse eines schwarzen Tieres implantiert. Nach einiger Zeit (3 Monate) wurde seine Kopfpigmentation so intensiv wie die eines schwarzen Axolotls, und der Rücken zeigte einige dunkle Flecken. Zwei, drei und vier — zur eigenen — implantierte Hypophysen erweitern schließlich die Hautgebiete, welche Pigment bilden, immer mehr. Es kommt über die Schwanzpigmentation sogar zur Bauch- und Pfötchenpigmentation.

---

[1] Von MARIE A. WORONZOWA, erschienen in: Roux' Arch. 115, 1. u. 2. H. (1929).

[2] Dieser Pigmentreichtum läßt auch das Bindegewebe und Fett des schwarzen Axolotls grauschwarz erscheinen, während dies beim weißen Axolotl rosarot ist.

[3] Gemeint sind koriale und dermale Pigmentzellen, die die Färbung der Haut bei Axolotln in erster Linie bedingen. Epidermale Pigmentzellen findet man bei weißen Axolotln nicht immer.

Folglich ist *die Haut des weißen Axolotls potentiell fähig, genügende Mengen Pigment zu bilden*, und man kann aus einem weißen einen ansehnlich pigmentierten Axolotl machen, wenn man genug Hypophysenhormon zuführt.

Hiermit ist die Annahme von Reizschwellen (BLACHER) bestätigt und sogar eine Übereinstimmung der Reihenfolge der Reizschwellen bei beiden Rassen gefunden, wenn diese Bezirke auch nicht mit festgelegten Linien gegeneinander abzugrenzen sind.

Nur liegt die höchste Reizschwelle — Bauchhautpigmentation — der schwarzen Axolotlhaut niedriger — da sie durch die Aktivität der eigenen Hypophyse erreicht wird — als die niederste Reizschwelle (Kopfhautpigmentation — in der weißen Axolotlhaut, bei der die eigene Hypophyse kaum zur schwachen Kopfpigmentation ausreicht.

Die morphogenetische Analyse zeigt also, daß der Unterschied der beiden Axolotlrassen im wesentlichen auf dem Unterschied der Höhen der Reizschwellen ihrer Gewebe beruht.

In seiner genetischen Rassenanalyse nimmt NATALI an, daß wohl beide Rassen färbungsbestimmende Gene hätten, denn der weiße Axolotl sei ja nicht albinotisch, wie sein schwarzes und gelbes Pigment beweisen. *Der genotypische Unterschied würde durch* ein Gen, den *Färbungsverstärker*, bedingt, der eben beim weißen Axolotl fehlt, beim schwarzen aber vorhanden ist.

Der Verfasserin scheint deshalb die Schlußfolgerung berechtigt, daß der Färbungsverstärker des schwarzen Axolotls die Herabsetzung der Reizschwelle seines Gewebes gegenüber dem Hypophysenhormon bedingt.

E. RITTER, München.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *Zuschriften* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken. Bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Über die Kohärenzlänge der Elektronenwellen.

Die Oberflächeninterferenzen beim Durchgang von Elektronen durch Glimmer, wie sie KIKUCHI gefunden hat (Naturwiss. **1929**, 174), lassen sich zur Ermittlung der Kohärenzlänge der Elektronenwellen verwerten. Aus der Breite b der Interferenzpunkte kann man leicht das Auflösungsvermögen des Gitters $\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ für Elektronenwellen bestimmen. Es gilt die Beziehung

$$2\,d \sin\varphi = n\,\lambda$$

oder

$$\frac{2\,d}{n}\cos\varphi \cdot \Delta\varphi = \Delta\lambda\,,$$

schließlich

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \operatorname{tg}\varphi \cdot \Delta\varphi\,,$$

wobei $\Delta\varphi$ = Breite b der Interferenzen. Der Wert von $\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ ist Funktion eines Strukturfaktors S des Gitters und der Kohärenzlänge L der Elektronenwellen. Der Strukturfaktor S ist Funktion der Elektronengeschwindigkeit V und in geringem Maße der Dicke d der Folie. Die Kohärenzlänge hingegen ist von der Foliendicke unabhängig und vielleicht Funktion von V.

Die Abhängigkeit des Auflösungsvermögens $\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ von V und d wurde experimentell ermittelt. Die erhaltenen Werte sind in der Fig. 1 eingetragen für Interferenzpunkte zweiter Ordnung.

Die Versuchsanordnung war folgendermaßen: Von einem Glühdraht gehen Elektronen der in der Fig. 1 angegebenen Geschwindigkeit V durch drei Blenden (0,5 und 0,3 mm Durchmesser) und treffen durch eine dünne Glimmerfolie auf einen photographischen Film. Als Spannungsquelle dient eine Hochspannungsanlage mit Röhrengleichrichter und Kondensatoren. Die Spannung wird mit einem Elektrometer nach STARKE-SCHRÖDER gemessen. Die Spannungsschwankungen betrugen im Maximum ± 12 Volt.

Die dünnen Glimmerfolien werden durch Abspalten von einer Glimmerplatte erhalten. Ihre Dicke wird teils aus Interferenzen mit Licht, teils aus Kapazitätsänderung eines Kondensators gemessen. Letztere Methode eignet sich besonders für dünnste Schichten. Die Belichtungszeiten betrugen 1—2 Stunden. Die Schwärzungen der Interferenzen wurden ausgemessen und daraus das Auflösungsvermögen $\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ bestimmt für verschiedene Interferenzpunkte zweiter Ordnung. Es konnte festgestellt werden, daß die Breite der Interferenzen der Ordnungszahl umgekehrt porportional ist

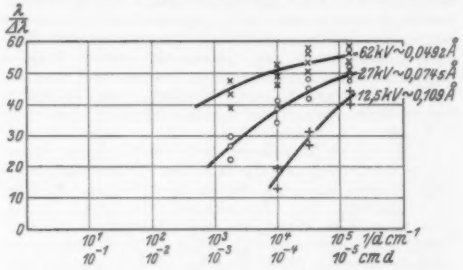

Fig. 1. Das Auflösungsvermögen $\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ für Elektronen in Abhängigkeit von der Foliendicke d.

Aus der Figur erkennt man: 1. Bei konstanter Elektronengeschwindigkeit nimmt mit abnehmender Foliendicke das Auflösungsvermögen zu und strebt einem Grenzwert zu. 2. Dieser Grenzwert nimmt für dieselbe Folie ab mit abnehmender Strahlgeschwindigkeit, jedoch um so weniger, je dünner die Folie. 3. Setzt man, wie man es für Licht gewohnt ist, das Auflösungsvermögen gleich der Kohärenzlänge, so würden die Versuche aussagen, daß die Kohärenzlänge der Elektronenwellen optimal 50—60 beträgt, ein im Vergleich zu Licht (10^7) sehr geringer Wert. Bei einer Wellenlänge $\lambda = 0{,}1 \cdot 10^{-8}$ cm käme einem interferenzfähigen Wellenzug die Länge $4 \cdot 10^{-6}$ cm zu, also eine Größe in Atomdimensionen.

Die ausführliche Veröffentlichung soll zurückgestellt werden, bis die Versuche nach Herstellung einer großen

Hochspannungsanlage auf Elektronen über 100 kV ausgedehnt worden sind.

Berlin-Reinickendorf, Forschungsinstitut der AEG, den 10. September 1929. E. Rupp.

Ramaneffekt in der Nähe des kritischen Punktes.

Bekanntlich erfährt die klassische Streuung einen enormen Zuwachs in der Nähe des kritischen Punktes, während der kritischen Opalescenz[1]. Die Frage, ob auch entsprechend der Ramaneffekt verstärkt wird, war schon vom Entdecker aufgeworfen[2]. Raman selbst beobachtete (rein qualitativ) eine Verstärkung der neuen Strahlung in der Nähe des kritischen Punktes: 1. bei CO_2, 2. in einem Gemisch von CS_2 und Methylalkohol.

Dagegen erhielten absolut negative Resultate: 1. A. Bogros und Y. Rocard[3], 2. W. H. Martin[4]. In diesen beiden Arbeiten wurde die Lichtzerstreuung in einem Gemisch von Wasser (64%) und Phenol beobachtet. Auch nach *3stündiger* Exposition erhielten die genannten Forscher *gar keine* Ramanlinien auf der photographischen Platte. Vielleicht wäre das Resultat der Absorption zuzuschreiben, denn die Phenolmischung verfärbt sich bald. Sonst, bei zweckmäßiger Aufstellung des Versuches, hätte man ja wenigstens die verschwommenen Wasserlinien bekommen sollen.

Auf Grund der bisherigen Experimente wird man kaum einen sicheren Schluß über den Verlauf des Ramaneffektes in der Nähe des kritischen Punktes ziehen können; eine Neuuntersuchung schien notwendig. Wir wählten für unsere Versuche die Isobuttersäure. Die kritische Temperatur ihres Gemisches mit Wasser beträgt ca. 24° C; die Flüssigkeit bleibt auch nach mehreren Monaten absolut farblos. Zur Bestrahlung benutzten wir eine Quecksilberlampe mit gekühlter Anode, die eine starke Belastung erlaubte[5]. Das Licht wurde mit Hilfe eines großen Kondensors in der Mitte eines zylindrischen, zur Hälfte versilberten Gefäßes konzentriert. Die Temperatur konnte auf $^1/_{10}$° C bequem konstant gehalten werden. Wir benutzten den kleinen lichtstarken Glasspektrographen von C. Leiss.

Auf unseren Aufnahmen sind deutlich die stärksten Linien der Isobuttersäure zu sehen. Indem die klassische Streuung bei der Opalescenz enorm zunimmt, steigt die Intensität der Ramanlinein nur ganz wenig, schätzungsweise etwa um 30%. Vielleicht ist diese Verstärkung nur scheinbar, denn zugleich steigt auch die Intensität des Hintergrundes. Auf den Opalescenzaufnahmen sind deutlich mehrere neue Linien zu sehen, die sonst im Spektrum des gestreuten Lichtes nicht vorkommen. Wie eine kritische Untersuchung zeigte, sind es ganz schwache[6] Linien, dem auffallenden Lichte gehörend; erst bei sehr ausgesprochener Opalescenz werden sie genügend stark gestreut, um auf den Aufnahmen sichtbar zu werden. Bei diesen Aufnahmen dürfen nur kurze Expositionszeiten (es genügten uns 15 Minuten) angewandt werden; bei langen verschwinden die Details wegen des unvermeidlichen kontinuierlichen Hintergrundes.

Aus den zur Zeit geführten Versuchen scheint uns der Schluß zulässig, daß auch in der Nähe des kritischen Punktes der Ramaneffekt kontinuierlich verläuft. So wird auf *experimenteller* Grundlage das Ramanlicht inkohärent zu nennen sein. Die Untersuchungen werden weiter geführt und binnen kurzer Zeit sollen sie anderswo ausführlicher beschrieben werden.

Warschau, Physikalisches Laboratorium des Staatlichen Technikums, gegr. von Wawelberg und Rotwand, den 26. September 1929.

S. L. Ziemecki. K. Narkiewicz-Jodko.

[1] Man findet Näheres in dem schönen zusammenfassenden Bericht von P. Pringsheim, Naturwiss. **1928**, 597.

[2] C. V. Raman, A new radiation. Indian J. of Physics **2**, Nr 3, 397 (1928).

[3] C. R., Paris **186**, 1712 (1928).

[4] Nature **1928**, 506 (6. Oktober).

[5] Das Modell dieser Lampe ist vom Herrn Prof. S. Pieńkowski im Physikalischen Institut der Warschauer Universität ausgearbeitet worden. Wir sind Herren Prof. Pieńkowski sehr verpflichtet, daß er uns liebenswürdigst die Benutzung seines Modells gestattete.

[6] Der positive Effekt, den Raman beobachtet hatte, würde sich durch Streuung sehr schwacher langwelliger Bestandteile des durch den Filter durchgelassenen Lichtes erklären.

Einfluß der Wellenlänge bei der Vitaminisierung.

Die von Dr. Gábor und mir gewonnenen neuen Erkenntnisse der spezifischen Wirkung eines bestimmten ultravioletten Wellenlängenbereiches[1] beim Zellteilungsprozeß und der antagonistischen Wirkung eines anderen Wellenlängengebietes, das nahe an dem ersten im Ultraviolett liegt, gaben mir die Anregung, nach ähnlichen Zusammenhängen beim Aktivieren des Ergosterins durch ultraviolettes Licht zu suchen.

Einige Resultate dieser seit über $2^1/_2$ Jahren fortgesetzten Versuche scheinen mir heute schon so weit gesichert, daß sie wegen der sich aus ihnen ergebenden Möglichkeit der Vermeidung von Schädigungen publiziert werden sollen.

Zunächst wurde mit einem Monochromator untersucht, welches Wellenlängengebiet für die bei der Bestrahlung von Milch und anderen Nahrungsmitteln auftretenden starken Geruchs- und Geschmacksveränderungen verantwortlich ist. Es zeigte sich, daß dies das Wellenlängengebiet zwischen 280 und 240 mμ ist und zwar ist besonders die obere Grenze bei 280 mμ eine unerwartet scharfe. Es ist also möglich, Milch und andere Nahrungsmittel ganz ohne besondere Vorsichtsmaßregeln (Ausschluß des Luftsauerstoffes, Herstellung von Stickstoffatmosphäre usw.) vollwertig zu vitaminisieren, ohne dabei die erwähnte Geschmacks- und Geruchsveränderung zu bekommen, wenn man nur dafür sorgt, daß zwischen Lichtquelle und der zu bestrahlenden Substanz ein Filter vorhanden ist, das bei 280 mμ scharf abschneidet.

Weiterhin wurde das Absorptionsspektrum des Ergosterins in öliger Lösung nach totaler und partieller Bestrahlung untersucht. Es zeigte sich hierbei, daß man bei der letzteren Methode, im Gegensatz zum Produkt der Totalbestrahlung, das sich ständig in seinem Absorptionsspektrum und Eigenschaften mit der Bestrahlungszeit ändert, ein Produkt mit konstantem Absorptionsspektrum erhält. Selbst eine Ausdehnung der Bestrahlung auf mehrere Stunden ändert das Absorptionsspektrum des Produktes kaum.

In Tierversuchen, die zusammen mit Professor Kisch (im Institut der Stadt Berlin für Knochen- und Gelenkkranke) ausgeführt wurden und demnächst veröffentlicht werden sollen, konnte festgestellt werden, daß das durch die Partialbestrahlung von Ergosterin gewonnene und durch sein konstantes Absorptionsspektrum charakterisierte Produkt

[1] Zellteilung und Strahlung. Berlin: Julius Springer 1928.

a) hohe antirachitische Fähigkeit aufweist (untere Grenze 0,2 γ);

b) die bei Verabreichung von total bestrahlten Substanzen im Tierversuch stets beobachtete Schädigungen nicht aufwies.

Berlin-Siemensstadt, Physikalisches Laboratorium des Wernerwerkes M., den 3. Oktober 1929.

T. Reiter.

Über die Vergärung von Dioxyaceton.

Beim Untersuchen der Vergärung von Dioxyaceton mit B. coli (Stamm I unseres Laboratoriums) haben wir einige Beobachtungen gemacht, welche von Bedeutung für die Auffassung von den Vorgängen bei den ersten Stufen der biochemischen Zuckerspaltung sind.

Die Gärungsgeschwindigkeit des Dioxyacetons. Eine in glucose- oder lactosehaltiger Nährlösung gezüchtete Bakterienmasse vergärte Dioxyaceton in 1proz., mit Kreide versetzter Wasserlösung mit einer Geschwindigkeit, welche etwa 30% von derjenigen der Glucose war. Die Vergärung von Glucose begann sofort, die von Dioxyaceton erst nach mehrstündiger Induktionszeit. *Wurden die Bakterien dagegen in dioxyacetonhaltiger Nährlösung gezüchtet, so begann auch das Dioxyaceton sofort zu gären und die Gärungsgeschwindigkeit des Dioxyacetons war zweimal größer als die der Glucose.* Auf die Gärungsgeschwindigkeit von Glucose hatte die Zusammensetzung der Nährlösung keine Einwirkung, denn 1 g Bakterienmasse, unabhängig davon, ob sie in glucose- oder dioxyacetonhaltiger Nährlösung gezüchtet war, vergärte 500 mg Glucose in 864—950 Minuten (6 Versuchsserien). Die „Gewöhnung" war dagegen von entscheidender Bedeutung für die Vergärung von Dioxyaceton wie schon gesagt. 1 g in glucose- oder lactosehaltiger Nährlösung gewachsene Bakterienmasse vergärte 500 mg Dioxyaceton in etwa 2400 Minuten, 1 g in 0,22% Dioxyaceton-Nährlösung gewachsene Bakterienmasse dagegen 500 mg Dioxyaceton in 425 Minuten.

Phosphat beschleunigt die Vergärung von Dioxyaceton und Glucose in demselben Maße. Die optimale Phosphatkonzentration war 1% P_2O_5. Bei dieser Phosphatkonzentration war die Gärungsgeschwindigkeit von Dioxyaceton bei p_H 6,2 etwa 80%, von Glucose etwa 70% größer als in Wasserlösung ohne Phosphatzusatz.

Die Gärungsprodukte. Unser B. coli I bildet aus Glucose folgende Gärungsprodukte: etwa 40% Milchsäure, 20% Bernsteinsäure, 10% Essigsäure, 10% Alkohol und dazu noch Ameisensäure, welche jedoch allmählich in CO_2 und H_2 gespalten wird.

Aus Dioxyaceton wurden zum Teil ganz andere Gärungsprodukte zum Teil dieselben aber in anderen Verhältnissen gebildet. Die wichtigsten Produkte waren: Glycerin, Essigsäure und Ameisensäure. Da sowohl Glycerin als Ameisensäure noch weiter abgespalten werden, beruht die gefundene Menge derselben darauf, in welchem Stadium die Gärung abgebrochen wird. In besten Fällen wurde 42,6% Glycerin, 30% Essigsäure und 17% Ameisensäure vom Dioxyaceton gefunden.

Die Entstehung dieser Produkte ist dadurch zu erklären, daß *zwischen zwei Triosemoleküle ein nebeneinander verlaufender Oxydations- und Reduktionsvorgang, eine Dismutation stattfindet.* Dioxyaceton geht in Enolform (= Glycerinaldehyd) über, wonach eine Cannizzarosche Umlagerung zwischen zwei Triosemoleküle stattfindet. Das eine wird zum Glycerin reduziert, das andere zur Glycerinsäure oxydiert. Diese letztere wird nun nach der Feststellung in unserem Laboratorium durch unser Bakterium in Essig- und Ameisensäure gespalten. *Die Vergärung von Dioxyaceton ist also primär eine Cannizzarosche Umlagerung:*

$$\underset{\text{Triose}}{2\,C_3H_6O_3} + H_2O = \underset{\text{Glyzerin}}{C_3H_8O_3} + \underset{\text{Glyzerinsäure.}}{C_3H_6O_4}$$

Beachtenswert ist, daß diese Cannizzarosche Umlagerung in gleichem Maße durch Phosphatzusatz beschleunigt zu werden scheint wie die Vergärung von Glucose. Die Annahme ist lockend, daß als erste Stufe der Gärungen eine analoge Reaktion zwischen zwei Hexosemoleküle wie zwischen zwei Triosemoleküle stattfindet. Wenn man nach Meerwein[1] annimmt, daß bei der Cannizzaroschen Umlagerung zuerst eine Vereinigung der beiden in Reaktion teilnehmenden Moleküle stattfindet, so wäre es möglich, daß gerade diese Reaktionsstufe die erste Stufe der Gärung ist[2] und daß sie durch Phosphorylierung katalysiert wird. Die Fortsetzung unserer Arbeit, wobei die Phosphatbeschleunigung und evtl. gebildete Phosphorsäureester besonders untersucht werden, führt uns hoffentlich näher der Lösung dieser wichtigen Frage.

Helsinki (Finnland), Valios Laboratorium, den 3. Oktober 1929.

Artturi I. Virtanen, H. Karström und O. Turpeinen.

Strahlungsmessungen im Flugzeug.

Im Juli und August d. J. führte Verf. 12 Hochflüge, meist in der Höhenmaschine des Pr. Aeronautischen Observatoriums vom Flugplatz Berlin aus durch zur Erprobung der Meßtechnik von Strahlungsinstrumenten (totale und gefilterte Strahlung der direkten Sonne, diffuse Einstrahlung des Himmels, Ausstrahlung, Rückstrahlung von unten, Ultraviolett der Sonne). Für die Messungen der Sonne selbst wurde ein temperaturkompensiertes Bimetall-Aktinometer neu gebaut, das ohne Montierung im Flugzeug leicht nachzuführen und abzulesen war. Gemessen wurde u. a. bei klarem Himmel oberhalb 5000 m: Himmelseinstrahlung 0,07 cal/cm²/min, Ausstrahlung — 0,37 cal. Als Beispiel einer Meßreihe der direkten Sonnenstrahlung sei die Messung vom 8. August 10 Uhr 20 Min. bis 11 Uhr 30 Min. mitgeteilt:

Höhe m:	. . .	0	0[3]	600[3]	2000	3000	4300	5400
Sonnenstrahlung:		1,01	1,06	1,23	1,45	1,55	1,69	1,71
Trübungsfaktor:		3,6	3,8	2,9	2,0	1,7	1,1	1,1

Es ist kürzlich eine andere Flugzeugmessung[4] bekannt geworden, deren Ergebnis aber der Nachprüfung bedarf. Nach den Angaben (3500 m Höhe, 37° Sonnenhöhe, Juni, 1,67 cal) ist der Trübungsfaktor nämlich $T = 0{,}87$. Da aber ein $T < 1$ unmöglich, $T < 1{,}2$ für die Höhe nicht wahrscheinlich ist, muß der angegebene Strahlungswert mindestens um 2, wahrscheinlicher um 5% zu hoch sein.

Berlin-Potsdam, Meteorologisches Observatorium, den 5. Oktober 1929. Konrad Büttner.

Zur Umkehr des Detektorstromes bei hohen Frequenzen.

Bei sehr hohen Frequenzen hat H. E. Hollmann an einigen Detektorkrystallen unwillkürliche Strom-

[1] Meerwein und Schmidt, Liebigs Ann. **444**, 22 (1925).

[2] Vgl. v. Euler und Myrbäck, Z. physiol. Chem. **165**, 28 (1927); **181**, 1 (1929).

[3] Im Abstieg bzw. nach der Landung gemessen.

[4] P. A. Galbas, Die erste Messung der Sonnenstrahlung im Flugzeug. Naturwiss. **17**, Nr. 40, 782 (1929).

umkehr beobachtet. Da nach seiner Meinung meine zur Erklärung des Stromrichtungsproblems aufgestellte (Phys. Z. **29**, 223 [1928]) Anschauung seinen Beobachtungen nicht gerecht zu werden vermag, sei mir gestattet, mich zu diesem Problem kurz zu äußern.

Der beschriebene Effekt ist mir ebenfalls mehrfach, jedoch auch bei mittleren Frequenzen begegnet. Da er sich leicht experimentell beweisbar in den Rahmen meines Erklärungsversuches einfügte, maß ich ihm keine Bedeutung bei.

Die erste Beobachtung machte ich an einer modulierten Welle; es sang ein Tenor. Beim Übergang in ein plötzliches Fortissimo kehrte der Strom um. Mikroskopisch erkannte ich eine geringe Deformation der spiegelnden Oberfläche des von mir benutzten Bleiglanzes. Daß zwischen Krystall und Nadel sehr starke elektrostatische Anziehungskräfte auftreten, ist bereits mehrfach schon von anderer Seite bewiesen. Ich selbst habe die Detektornadel isoliert auf einer Kondensatormembran befestigt und durch die Kapazitätsänderungen der schwingenden Membran einen zweiten Kurzwellensender (etwa 200 m), (primärer Sender 1300 m) gesteuert, dessen Schwingungen durch einen normalen Detektor wieder gleichgerichtet wurden. Der Krystall ist also rein mechanisch beschädigt worden. Diese Beschädigungen treten recht häufig auf, wenn eine sehr feine Spitze benutzt wird. Eine feine Spitze ist angebracht, um in größerer Entfernung vom Sender einen lautstarken Fernempfang zu erhalten, jedoch wird man in Sendernähe sehr bald einen relativ dicken Draht bevorzugen.

Aber auch bei unmodulierter Frequenz kann beim Durchdrehen auf eine andere Frequenz sich eine mechanische Resonanz mit der Detektorspitze ausbilden. Der von HOLLMANN angegebene Kurvenverlauf ist durchaus möglich, wenn auch die von mir aufgenommenen Kurven einen deutlichen *Sprung* im Resonanzpunkt zeigen. Eine derartige Umkehr erhielt ich nur an relativ leicht splitternden Krystallen, nicht dagegen an Silicium, was auch analog von HOLLMANN beobachtet wurde.

Eine Resonanzlage kann sich aber auch im Schwingungserzeuger selbst ausbilden, denn die Amplitude der Schwingung ändert sich ja auch beim Durchdrehen des Abstimmkondensators. Auftreten von Schwinglöchern und plötzliches Wiedereinsetzen der Schwingung wäre auch denkbar. Ich bin überzeugt, daß die von mir aufgestellte Theorie ausreicht, auch diese Erscheinung zu erfassen.

Goslar, den 5. Oktober 1929.

GEORG GÜNTHER REISSAUS.

Über den Anteil des Mesoderms und Ektoderms an der Formbildung der Amphibienextremität.

Die Transplantation von Keimstücken jüngster Entwicklungsstadien ermöglicht es, experimentell Organe aufzubauen, deren Bestandteile von verschiedenen Individuen stammen. Gehören diese Tiere verschiedenen Arten an, ist die Transplantation also heteroplastisch, so haben die Teile des „chimärisch zusammengesetzten" Organes verschiedene, eigene Entwicklungstendenzen. Die Rolle, welche sie bei der Entwicklung spielen, läßt sich aus der Beschaffenheit des Endproduktes ablesen.

Mit dieser Fragestellung wurden beim Molch Kiemen aus Bestandteilen zweier Arten experimentell zusammengesetzt (SPEMANN 1921). Doch entwickelten sich die operierten Tiere nicht weit genug, um Aufschluß geben zu können über die Formbildungspotenzen ihrer Bestandteile. Es wurde darauf hingewiesen, daß die Extremitäten verschiedener Urodelenarten für derartige Untersuchungen sehr geeignet sein müßten.

So wurden in der Laichzeit des Jahres 1929 heteroplastische Transplantationen zwischen Triton cristatus, dem Kammolch, und Triton taeniatus, dem Streifenmolch, ausgeführt.

In der beginnenden Gastrula wurde präsumptive Epidermis von der Stelle gegenüber dem Urmund — also bestimmt kein Beinektoderm — an die Stelle der präsumptiven Beinepidermis gesetzt (Experiment 1) und präsumptives Bein- und Somitenmesoderm an die präsumptive Beinmesodermstelle (Experiment 2). Aus technischen Gründen wurde stets Tr. taeniatus als Wirt und Tr. cristatus als Spender verwandt.

Es entstanden so Tiere von der Art des Tr. taeniatus, deren eine (operierte) Extremität artfremde (cristatus-) Epidermis hatte, (Experiment 1) und solche, deren mesodermaler Anteil von Tr. crist. stammte (Experiment 2).

Die Extremitäten beider Arten sind in ihrer Entwicklung deutlich voneinander zu unterscheiden. Tr. cristatus hat lange und gekrümmte, Tr. taeniatus kurze und gerade Zehen. außerdem sind die Dicke, Größe des Armes und andere Merkmale bei beiden Arten verschieden.

Die Tiere wurden aufgezogen bis zum Dreizehenstadium der Hinterbeine und einige bis über die Metamorphose hinaus.

Es zeigt sich, daß die Extremitäten mit artfremder Epidermis in bezug auf ihre äußere Form keine Besonderheit aufweisen: Ein Tr. taeniatus-Bein mit Epidermis von Tr. cristatus ist in seiner äußeren Form nicht von einem normalen Tr. taeniatus-Bein zu unterscheiden. Das undeterminierte Ektoderm, das an die Stelle der präsumptiven Beinepidermis verpflanzt worden war, hat sich glatt eingefügt und gehorcht den Einflüssen seiner neuen Lage, sie mögen vom benachbarten Ektoderm oder vom unterlagernden, artfremden Mesoderm ausgehen.

Dagegen ist die Extremität, die aus Experiment 2 hervorging, nahezu ein Cristatus-Bein. Es entsteht also eine Extremität, deren Charaktere weitgehend der Art entsprechen, von der das Mesoderm genommen wurde.

Es geht somit aus den Experimenten hervor,

1. daß das Mesoderm, während es noch undeterminiert ist, doch artspezifisch festgelegt ist, und
2. daß dem Mesoderm die formbildenden Potenzen zuzuschreiben sind, während das Ektoderm, soweit die Untersuchungen reichen, sich bei der definitiven Formbildung passiv verhält.

Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit denen, die HARRISON in seiner Arbeit von 1918 publiziert hat.

Ob das Mesoderm einen Einfluß ausübt auf den histologischen Bau der darüberliegenden Epidermis, soll an metamorphosierten Tieren der Operationsreihen untersucht werden.

Freiburg i. Br., Zoologisches Institut, den 12. Oktober 1929. ECKHARD ROTMANN.

Pigmente der Rotalgen.

Zu der ersten Mitteilung (vgl. Naturw. 17, 541) ist ergänzend hinzuzufügen, daß der Abbau der Farbkomponenten den aus den spektralen Reaktionen, der Komplexsalzbildung und Analyse gezogenen Schluß auf eine nahe Verwandtschaft mit den Gallenfarbstoffen bestätigt hat. Die energische Reduktion mit Jodwasserstoff-Eisessig liefert ein Gemisch von Pyrrolcarbonsäuren und Pyrrolbasen, die Reduktion mit

Natriumamalgam ein Chromogen, das die EHRLICHsche Reaktion gibt und sich wie Mesobilirubinogen an der Luft zu „Urobilin" oxydiert. Mit der weiteren Untersuchung des reduktiven und oxydativen Abbaus bin ich beschäftigt und ich bitte die Fachgenossen, mir die Bearbeitung des Gebietes zu überlassen.

Heidelberg, Chemisches Institut der Universität, den 12. Oktober 1929. R. LEMBERG.

Über „Progynon" ein krystallisiertes weibliches Sexualhormon.

Die vorliegende Notiz über das weibliche Sexualhormon erscheint deshalb, weil ich von einem Teilnehmer am 13. Physiologen-Kongreß in Boston (August 1929) erfuhr, daß E. A. DOISY daselbst eine kurze Mitteilung darüber gemacht hat, daß es ihm gelungen sei, aus Schwangerenharn einen krystallisierten Stoff hoher Wirksamkeit (etwa 8 Mill. ME. pro Gramm) darzustellen. Über die Darstellung und über die physikalischen und chemischen Eigenschaften des DOISYschen Präparates ist mir nichts bekannt.

Eigene Arbeiten, die mit Unterstützung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaften ausgeführt wurden, führten schon vor einigen Monaten zur Isolierung eines krystallisierten Stoffes mit gleich hoher physiologischer Wirksamkeit; seine chemische Untersuchung wird zur Zeit durchgeführt.

Als *Ausgangsmaterial* diente ein von der *Schering-Kahlbaum A.-G., Berlin*, in großzügiger Weise zur Verfügung gestelltes Rohöl aus Schwangerenharn von einer durchschnittlichen Wirksamkeit von 30000 ME. im Gramm.

Eine weitgehende Reinigung des Rohöls kann durch mehrfache geeignete Verteilung in 2 Lösungsmitteln nach dem bekannten „Entmischungsverfahren"[1] erzielt werden; z. B. lassen sich aus wäßrig alkoholischer Lösung viele Begleitstoffe des Hormons mit Petroläther extrahieren[2]; das Hormon verbleibt in der alkoholisch-wäßrigen Phase, aus der es sich andererseits mit Äther, Benzol oder Essigester ausschütteln läßt. Es gelingt so, das Hormon stufenweise anzureichern und ohne nennenswerten Verlust ein gereinigtes Öl darzustellen, das in einem Gramm bis zu 500000 ME. enthält.

Durch vorsichtige Hydrolyse mit verd. Säure und durch nachfolgende Behandlung mit Alkalien in steigender Konzentrationsreihe kann man aus dem gereinigten Öl eine alkalilösliche Fraktion gewinnen, die bereits eine Wirksamkeit von 1,5—2 Mill. ME. pro Gramm zeigt.

Eine letzte Anreicherung wird durch vorsichtige fraktionierte Destillation im Hochvakuum erzielt: Bei 0,02—0,03 mm Hg und 130—150° C destilliert ein Öl, das im Gramm 5 Mill. ME. an wirksamer Substanz enthält und aus dem sich durch langsame Sublimation im Hochvakuum oder durch Behandlung mit Lösungsmitteln ein *krystallisierter Stoff* abtrennen läßt, der nach mehrfachem Umkrystallisieren seine hohe physiologische Wirksamkeit von 8 Mill. ME. nicht verliert.

Das krystallisierte Hormon soll den Namen „Progynon" erhalten. Von seinen Eigenschaften seien folgende genannt: Progynon ist leicht löslich in Alkohol, Aceton, Chloroform, Benzol und heißem Essigester; schwer löslich in kaltem Äther, Petroläther und Wasser. Aus Essigester oder verd. Alkohol krystallisiert es in charakteristischen farblosen Blättchen, die unter allmählicher Zersetzung um 240° schmelzen.

Progynon ist frei von Stickstoff und Schwefel; eine Mikro-C-H-Bestimmung[1] ergab folgende Werte: 78,31% C, und 8,13% H. Danach wären für das Hormon Molekularformeln wie $C_{16}H_{20}O_2$ oder $C_{23}H_{28}O_3$ in Erwägung zu ziehen. Diese Zusammensetzung zeigt, daß ein mit dem Verhalten des unreinen Hormons in Einklang stehender Charakter eines Säureamids oder Lactams nicht vorliegt, und daß das Hormon in keinem chemischen Zusammenhang mit Eiweißstoffen und Kohlenhydraten steht. Eine Formel $C_{23}H_{28}O_3$ erinnert an die Formeln des Digitaligenins[3] ($C_{23}H_{30}O_3$) oder des Bufotaliens[3] ($C_{24}H_{30}O_3$).

Über die Funktion der Sauerstoffatome kann bereits mitgeteilt werden, daß 2 von ihnen in einer *Lactongruppe* gebunden sind: Progynon reagiert in alkoholisch wäßriger Lösung neutral; in wäßrigem Alkali ist es in der Kälte nicht löslich, es löst sich beim Kochen und ist der alkalischen Lösung erst nach dem Ansäuern mit Äther zu entziehen; aus der ätherischen Lösung ist es unverändert wiederzugewinnen. Ein 3. Sauerstoffatom liegt möglicherweise in einer Hydroxylgruppe vor.

Progynon enthält *hydrierbare Atomgruppen*, da es durch energische katalytische Hydrierung seine Wirksamkeit verliert. Progynon gibt *keine* charakteristischen Farbreaktionen mit Essigsäure-anhydrid und konz. Schwefelsäure, mit F_2O_3-haltigem Eisessig und konz. Schwefelsäure oder mit $FeCl_3$.

Göttingen, Allgemeines chemisches Universitäts-Laboratorium, den 14. Oktober 1929. A. BUTENANDT.

[1] Vgl. z. B. WILLSTÄTTER, Liebigs Ann. 355, 8 (1907)

[2] Ein Verfahren, das schon DOISY zur Hormonanreicherung benutzt hat. J. of biol. Chem. 69, 357 (1926); 79, 53 (1928).

[1] Ausgeführt von Dr.-Ing. A. SCHOELLER, Berlin-Schmargendorf.

[2] WINDAUS, WESTPHAL, STEIN, Ber. dtsch. chem. Ges. 61, 1849 (1928).

[3] WIELAND, Sitzgsber. bayer. Akad. Wiss., Math.-physik. Kl. 1920.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Am 6. Mai d. J. fand im Hofmann-Hause in Berlin eine **Besondere Sitzung der Deutschen Chemischen Gesellschaft** statt, die vor allem durch die Person des als Gast anwesenden Redners, Sir ERNEST RUTHERFORD, ausgezeichnet war, aber durch ein günstiges Zusammentreffen von Umständen noch darüber hinaus einen unerwartet festlichen Verlauf nahm.

RUTHERFORD, seit einem Jahre Ehrenmitglied der Deutschen Chemischen Gesellschaft, hatte sich auf Bitte des Vorstandes bereit erklärt, in der diesjährigen Mai-Sitzung einen Vortrag über *„Atomkerne und ihre Umwandlungen"* zu halten. Zur gleichen Sitzung hatte die *Englische Chemische Gesellschaft* den Besuch ihres Präsidenten J. F. THORPE und ihres Sekretärs C. S. GIBSON angekündigt. Nach der Eröffnung der Sitzung durch den Präsidenten, Herrn WIELAND, führte zunächst Herr THORPE in deutscher Sprache im wesentlichen folgendes aus: Während der Liebig-Wöhler-Feier in Darmstadt im Juni des vorigen Jahres war auf der Bühne des Versammlungssaales ein von TRAUTSCHOLD gemaltes Bild JUSTUS v. LIEBIGS ausgestellt. Dieses Bildnis ist Eigentum der Englischen Chemischen Gesellschaft, in deren Besitz es durch ein Patenkind LIEBIGS gekommen ist. Da das andere, der Deutschen Chemischen Gesellschaft gehörende, sehr bekannte TRAUTSCHOLDsche Porträt — welches jedem Besucher des Hofmann-Hauses schon durch die bevorzugte ihm eingeräumte Stelle auffällt — LIEBIG in vor-

gerückten Jahren darstellt, während er auf dem Londoner Bilde in der Blüte des Mannesalters erscheint, hat die Englische Chemische Gesellschaft durch einen hervorragenden Künstler eine Kopie ihres Liebig-Bildes herstellen lassen. „Mit dem größten Vergnügen überreiche ich nun diese Kopie im Namen des Vorstandes und der Mitglieder der Englischen Chemischen Gesellschaft der deutschen Schwestergesellschaft, nicht nur als Andenken an einen weltberühmten Deutschen, durch dessen Lebenswerk unsere ganze Kultur bereichert wurde, sondern auch als Zeichen der Hochschätzung und Ehre, welche sein Name in allen Zweigen des chemischen Berufes in Großbritanien genießt."

Nach den Dankesworten des Präsidenten der Deutschen Chemischen Gesellschaft für die Überreichung des auch als künstlerische Gabe außerordentlich wertvollen Liebig-Bildes begann Herr RUTHERFORD seinen Vortrag in englischer Sprache. (Auch diejenigen, die dieser Sprache sehr wenig mächtig seien, bemerkte er in seinen einleitenden Worten, würden sein Englisch immer noch besser verstehen können als sein Deutsch.) Es ist anzunehmen, daß fast alle Anwesenden seinen Ausführungen mühelos folgen konnten, da der Vortrag ganz das Gepräge der aus den Schriften RUTHERFORDS bekannten äußersten Deutlichkeit und Schlichtheit in der Darstellung trug. Daß er völlig frei und anscheinend nach keinem genau festgelegten Konzept gehalten wurde, war für die Hörer ein besonderer Reiz; allerdings mußte dafür der Nachteil in Kauf genommen werden, daß in den Händen der Gesellschaft kein Manuskript zurückblieb, so daß dieser zusammenfassende Vortrag ganz im Gegensatz zu den sonstigen Gepflogenheiten nicht in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft erscheinen wird. Da sich die Ausführungen RUTHERFORDS meist an Lichtbilder anschlossen, von denen er eine große Zahl vorzeigte, ist eine Wiedergabe durch ein Referat nur sehr unvollkommen möglich. Bloß den allgemeinen Gedankengang sollen folgende beim Vortrag gemachte Notizen erkennen lassen.

Es wurden vier verschiedene Methoden besprochen, die zur Erkenntnis des Kernaufbaus führen. 1. Die Streuung von α-Teilchen, 2. die künstliche Zertrümmerung der Atome, 3. die von den schwersten Kernen ausgesendeten Schwingungen, und 4. die Vergleichung der Massen der Atome. Am ausführlichsten wurde die erste Methode diskutiert; namentlich die experimentell festgestellten Abweichungen vom COULOMBschen Kraftgesetz und ihre theoretische Deutung durch die Annahme einer Polarisation des Kernes (HARDMEYER und DEBYE) wurden durch zahlreiche Kurven und Tabellen illustriert. Als wahrscheinlichste Werte der Radien des als zweiachsiges Rotationsellipsoid gedachten α-Teilchens wurden $8 \cdot 10^{-13}$ cm und $4 \cdot 10^{-13}$ cm angenommen. Die künstliche Zertrümmerung der Atome wurde im Anschluß an die bekannten Untersuchungen des Cavendish-Laboratoriums dargestellt. Eine Lösung des scheinbar katastrophalen Widerspruches, daß ein zur Beschießung verwendetes α-Teilchen ohne einer anderen Wirkung als der COULOMBschen Abstoßung zu unterliegen bis in die Entfernung von $3{,}2 \cdot 10^{-12}$ cm vom Zentrum eines Uranatoms vordringen kann, die aus dem Uranatom ausgeschleuderten α-Teilchen aber (nach ihrer nur mäßigen Energie) aus einem Abstand von wenigstens $6{,}5 \cdot 10^{-12}$ cm zu kommen scheinen, glaubt RUTHERFORD heute — im Gegensatz zu früheren von ihm geäußerten Ansichten, die noch eine anschauliche Deutung aus Eigentümlichkeiten des Kernaufbaus zu bringen suchten — im Anschluß an GAMOW in quantenmechanischen Überlegungen zu finden. „The α-particles do not jump the barrier, but leak through". (Die Energie der α-Teilchen muß nicht zur Überwindung der Potentialschwelle im Kerninnern ausreichen, sondern sie können gelegentlich gleichsam durch Undichtigkeiten nach außen „entkommen".) Der dritte, verhältnismäßig kurz behandelte Hauptteil des Vortrages beschäftigte sich mit den bekannten Untersuchungen über Gammastrahlen von LISE MEITNER und ELLIS. Besonders die Ausblicke, die RUTHERFORD auf eine Wechselwirkung des Kernes mit der Elektronenhülle eröffnete, waren fesselnd. Eingehender wandte sich der Redner zum Schluß den neuen fundamentalen Ergebnissen ASTONS zu, den von diesem Forscher gefundenen sehr geringen und doch zu weitgehenden Spekulationen berechtigenden Abweichungen der Atomgewichte von der Ganzzahligkeit. Beim Aufbau der Kerne der Elemente, angefangen vom Wasserstoff bis hinauf zum Uran, geht nicht in gleichmäßigem Fortschreiten Masse durch den „Packeffekt" verloren. Die dichteste Packung ist schon etwa bei der Masse 120 erreicht, also in der Gegend des Zinnatomes; die Kerne schwererer Atome haben wahrscheinlich um diese dichtesten Kerne eine weniger fest gepackte äußere Zone. Die Ursache des Zusammenhaltens der Kernbausteine vermutet RUTHERFORD nicht nur in elektrischen, sondern auch in magnetischen Kräften. Die hauptsächlichsten Bausteine aller schweren Atome dürften Heliumkerne und nicht — wie wahrscheinlich bei den leichten Atomen — Wasserstoffkerne sein, also α-Teilchen und nicht Protonen; die Masse dieser α-Teilchen beträgt, wenn sie Bausteine der schweren Atome sind, etwas mehr als im freien Zustand, nämlich durchschnittlich 4,005 gegenüber 4,0011. Dieser Überschuß an Masse erklärt die Fähigkeit der radioaktiven Elemente, unter Energieentwicklung α-Teilchen zu emittieren. Die Bewegung der α-Teilchen innerhalb der schweren Kerne ist so rasch, daß nur eine Momentaufnahme von 10^{-24} Sekunden sie uns in Ruhe zeigen könnte. Die Ursache der „Grenze des periodischen Systems", d. h. des Abbrechens der Elementenreihe beim Uran, sieht RUTHERFORD darin, daß die im Innern des Kernes befindlichen α-Teilchen um so mehr Energie haben, je schwerer der Kern ist. Mit anderen Worten: Elemente jenseits des Urans wären zu stark radioaktiv, um unter irdischen Bedingungen beständig zu sein. Auf der Sonne dagegen findet vermutlich erst die Bildung des Urans aus noch schwereren Elementen statt.

Dieser kurze Auszug aus dem Vortrag wird gezeigt haben, in welchem Rahmen die Ausführungen RUTHERFORDS sich bewegten. Neue Forschungsergebnisse zu bringen, war nicht ihr Zweck, doch wurde eine größere Anzahl von Fragen berührt, in denen die Auffassungen der Fachleute heute noch einander widersprechen, und es war für alle Hörer, gleichgültig ob Physiker oder Chemiker, immer von größtem Interesse zu erfahren, auf welche Waagschale RUTHERFORD seine Autorität legen würde. Wer allerdings erwartet hätte, daß er sich ausführlich etwa mit Arbeiten, die den Ergebnissen seines eigenen Laboratoriums widersprechen, auseinandersetzen würde, wäre nicht auf seine Kosten gekommen. RUTHERFORD vermied jede Polemik, und höchstens aus der Tatsache der Übergehung oder nur sehr kurzen Erwähnung von Forschungsresultaten, die andere für besonders bemerkenswert halten, konnte ein aufmerksamer Zuhörer seine ablehnende Stellung entnehmen.

Mit den Schlußworten des Präsidenten „Wir preisen den Tag, der Sie zu uns geführt und das große Erlebnis, das er uns vermittelt hat: Aus dem Munde eines der Größten aller Zeiten leibhaftig erfahren zu haben, welche gewaltige Reichweite dem menschlichen Geist

gegeben ist; dafür sei Ihnen, verehrter Meister, unser allerherzlichster Dank gesagt", fand eine Sitzung ihr Ende, die durch die zweifache zum Ausdruck gekommene wissenschaftliche Freundschaft — zwischen Deutschland und England und zwischen Chemie und Physik — allen Teilnehmern den Eindruck eines besonders harmonischen Verlaufes hinterlassen hat.

F. PANETH.

Tagungen der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde und des Institute of Metals in Düsseldorf. Am 7. bis 9. September 1929 hat in Düsseldorf die Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde, die zugleich die Feier ihres 10jährigen Bestehens gewesen ist, und unmittelbar im Anschluß daran auf Einladung dieser Gesellschaft und des Vereins deutscher Ingenieure die Herbsttagung des Institute of Metals stattgefunden. Es ist das erstemal, daß das Institute of Metals eine Tagung in Deutschland abhält. An der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde hat eine Reihe von führenden englischen Fachleuten teilgenommen und umgekehrt eine Reihe von deutschen Fachleuten an der Tagung des Institute of Metals. An der letzteren Tagung haben außerdem einige Kollegen aus Frankreich und Amerika teilgenommen. Die Vorträge auf beiden Tagungen haben zu lebhaften Diskussionen geführt, an denen sich die Vertreter verschiedener Länder beteiligten. Hierbei trat das Bedürfnis, die gegenseitige Fühlungnahme der Metallographen verschiedener Nationen zu organisieren und zu einer dauernden zu gestalten, so zwingend zutage, daß man bereits die Vorarbeiten in dieser Richtung aufgenommen hat.

In der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde hat auf ihre Einladung hin der derzeitige Präsident des Institute of Metals, ROSENHAIN, einen Gastvortrag über das Thema „Physik und Metallkunde" gehalten. In diesem Vortrage hat er insbesondere auf zahlreiche Probleme auf dem Gebiet der Metallehre hingewiesen, die eine Mitarbeit der Physiker erfordern. Auf Einladung des Institute of Metals hat der Unterzeichnete als Vertreter der deutschen Metallographen einen Vortrag zum Hauptthema der englischen Tagung „Forschungsmethoden der Metallkunde" gehalten. Das Hauptthema der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde hieß „Vergütbare Legierungen".

Die Wahl der beiden Verhandlungsthemen und das Thema des Vortrages von ROSENHAIN sind für die heutige Entwicklung der Metallkunde charakteristisch. Es mag befremdend erscheinen, daß es notwendig ist, in einer Disziplin, die in schneller und erfolgreicher Entwicklung begriffen ist, die Frage ihrer Methodik zum Kernpunkt der Verhandlungen einer Tagung zu machen, und doch ist es in diesem Falle berechtigt. Die Metallkunde fußt teils auf der Technik, auf der Fülle der in dem Betrieb gesammelten Erfahrungen und teils auf den Ergebnissen der wissenschaftlichen Forschung. Ihre enge Verknüpfung mit der Praxis bringt es mit sich, daß von jeher die roh empirischen Methoden der Praxis in ihr einen größeren Einfluß hatten, als es für ihre Weiterentwicklung als präzise Wissenschaft günstig erschien. Die letzten 10—20 Jahre haben in der metallographischen Erkenntnis große Fortschritte gebracht, die hauptsächlich der präzisen wissenschaftlichen Forschung zu verdanken sind. Die präzise Methodik hat auch auf dem Gebiete der Metallkunde in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht. Heute ist es deshalb wichtiger als je, auf die Notwendigkeit der Einführung wissenschaftlicher Methodik auch in der metallographischen Technik hinzuweisen.

Wenn aber die metallographische Methodik insofern noch teilweise als rückständig zu bezeichnen ist, als roh empirische technische Methoden in ihr eine zu große Rolle spielen, so ist das auch zum Teil darauf zurückzuführen, daß die Physiker, von denen man in erster Linie eine Förderung der exakten Methodik erwarten dürfte, sich jahrzehntelang der Metallkunde ferngehalten haben. Diese Zurückhaltung ist jetzt zum Teil überwunden. Trotzdem ist der Appell von ROSENHAIN an die Physiker, an der Lösung der metallographischen Probleme mitzuarbeiten, voll berechtigt; die Metallkunde kann von physikalischer Seite eine noch viel stärkere Befruchtung erwarten, als sie sie schon erhalten hat. Die Scheu der Physiker vor den unpräzisen Problemstellungen der Metallkunde scheint heute nicht mehr berechtigt zu sein. Die Erfahrung lehrt auch, daß Physiker, die sich einmal auf das Gebiet der metallographischen Forschung verirrt haben, sich dort sehr wohl fühlen und es nicht gern wieder verlassen, ein Zeichen, daß sie dort einen Boden für fruchtbare physikalische Untersuchungen finden.

Das Hauptthema der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde „Die vergütbaren Legierungen" greift andererseits in den Mittelpunkt der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung der letzten Jahre auf dem Gebiete der Metallkunde hinein. Unter Vergütung von Legierungen versteht man bekanntlich eine Erhöhung ihrer Härte und Festigkeit durch Lagernlassen der von hohen Temperaturen abgeschreckten Legierungen bei gewöhnlicher oder nur mäßig erhöhter Temperatur. Diese Art der *Metallhärtung* reiht sich würdig an die drei schon früher bekannten Methoden des Härtens durch Legieren, durch Kaltrecken und beim Stahl durch Abschrecken aus dem γ-Zustande an. Während man vor etwa 10 Jahren im wesentlichen nur *eine* vergütbare Legierung, das Duralumin, kannte, kennt man heute nicht nur zahlreiche vergütbare Aluminiumlegierungen, sondern auch viele Fälle der Vergütbarkeit bei Schwermetallegierungen, bei Kupfer, beim Eisen und Eisenmetallen, bei den Edelmetallen, bei Blei usw. Der Vorgang der Vergütung hat eine Reihe von theoretischen Fragen aufgeworfen, deren Untersuchung noch lebhaft im Fluß ist und deren Erörterung die Verhandlungen in der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde in der Hauptsache gewidmet waren. Aber auch die praktische Bedeutung der vergütbaren Legierungen wächst von Tag zu Tag; hierhin gehören die HEUSLERschen Legierungen, das Beryllium hat gestattet, bei Kupferlegierungen Festigkeiten und Härten zu erreichen, die sonst bisher nur bei Stahl bekannt waren, die Frage der Vergütung spielt praktisch in unsere Schmuckindustrie und in die Frage der Härtung des Bleies für Kabelmäntel hinein. Das Vergütungsproblem wird für die nächsten Jahre wohl das Zentralproblem der Legierungstechnik und zum Teil der theoretischen Metallkunde sein.

G. MASING.

Bernstein-Forschungen. Schon der Steinzeitmensch unterzog den Bernstein einer *Bearbeitung*, THALES VON MILET erkannte die Reibungs-*Elektrizität* am Bernstein (dem $\tilde{\eta}\lambda\varepsilon\kappa\tau\rho o\nu$), ARISTOTELES wußte, daß Bernstein ein *Harz* ist; TACITUS beschreibt seine *Gewinnung* durch die Bewohner Ostpreußens, ihren *Handel* damit, auch die *Inklusen:* Bernstein ist Baumsaft „weil gewisse Landtiere und sogar auch geflügelte sehr häufig in ihm deutlich zu sehen sind, welche von dem noch flüssigen Saft eingehüllt, dann aber in die erstarrende Masse eingeschlossen wurden", und das klassische Altertum hat auch von solchen Einschlüssen schon *Fälschungen* hergestellt; im 18. Jahrhundert wird erkannt, daß dies Harz *fossil* ist; seit den Zeiten des Deutschritterordens

existiert ein besonderes *Bernsteinrecht*, denn es gibt für den Bernstein vielerlei *Verwendung*.

Wenn also jetzt *eine wissenschaftliche Zeitschrift für Bernsteinkunde* zu erscheinen beginnt (Bernstein-Forschungen [Amber studies]. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig. H. 1, 1929), so werden an ihr interessiert sein — um nur Fachleute zu nennen — Geologen und Paläontologen, Paläogeographen, Botaniker, Zoologen (insbesondere Entomologen) und auch Historiker, Prähistoriker, Volkswirtschaftler. Die Vielseitigkeit garantiert das Programm: „Neben *Originalarbeiten*, die sich im übrigen nicht nur mit den Fossileinschlüssen des Bernsteins, sondern auch mit seiner Entstehung, seinem geologischen Vorkommen, seinen Eigenschaften, seiner Verwendung zu den verschiedensten Zwecken — von der Steinzeit bis zur Jetztzeit — und überhaupt mit seiner Bedeutung für die verschiedenen Wissenschaften beschäftigen werden, werden die „Bernsteinforschungen" durch *Referate* auch mit den an anderen Stellen erscheinenden einschlägigen Arbeiten bekannt machen, so daß im Laufe der Zeit ein *Archiv* entstehen soll, in welchem alles über den Bernstein als Träger wissenschaftlichen Materials Wissenswerte enthalten sein wird. Zu diesem Zwecke ist auch bereits eine *Übersicht über die bisherige Bernsteinliteratur*, die in der Weltliteratur aller Zeiten verstreut ist, in Vorbereitung."

Heft 1 gibt eine *Einführung: „Bernsteinforschung einst und jetzt"* aus der Feder des Herausgebers Prof. K. Andrée, Direktor der Königsberger Bernsteinsammlung, der weitaus größten der Welt. In dieser gedrängten Übersicht konstatiert man erstaunt aus kurzen Hinweisen die Fülle bereits vorhandener Spezialliteratur einerseits, andererseits die Unzahl noch ungelöster Probleme. Immer noch ist die Frage offen, in welcher Zeitstufe der Erdgeschichte die ursprünglichen Bernsteinwälder bestanden; gegraben wird er ja (täglich mehr als 1000 kg!), wo er ansteht, in Samland, auf sekundärer Lagerstätte in der marinen Blauen Erde, die jetzt als unteroligocän gilt; das primäre Lager kann natürlich, braucht aber nicht unbedingt älter zu sein, denn es werden ja auch jetzt vor unseren Augen tropische Baumharze (Kopal) vom Festland ins Meer umgelagert. Daß die verschiedenen Farben des Bernsteins durch verschiedene Anzahl und Größe darin enthaltener kleinster Bläschen bedingt sind, ist bekannt — nicht untersucht ist die rotbraune Farbgebung der Verwitterung. Auch die Chemie des Bernsteins ist noch reich an Lücken, obwohl Farbstoffindustrie und Medizin an Bernsteinöl und Bernsteinsäure interessiert sind. Besonders umstritten ist der Erhaltungszustand der Bernsteininklusen; trotz von außen unübertrefflich scheinender Erhaltung fand sich innen stets nichts als ein Hohlraum, so daß nach der Lehrmeinung die Tiere nur im Abdruck erhalten waren — aber es sind jetzt auch Käferflügeldecken und Tracheenbruchstücke aus einwandfreiem Chitin zur Untersuchung gekommen. Ebensowenig kann als gesichert gelten, daß aller Bernstein von der Bernsteinkiefer Pinus succinifera stammt; den heutigen Kopal liefern ganz verschiedene Pflanzen. Große Mengen von Bernsteintieren und -pflanzen harren noch der Bearbeitung; allein in einer privaten Königsberger Sammlung sind schon im Jahr 1910 nicht weniger als 452 verschiedene Käfergattungen bestimmt worden, aber sie sind heute noch nicht beschrieben. Aus dem Auftreten von Bremsen und Stechfliegen und aus dem Fund des einzigen fossilen Flohs im Bernstein hatte man darauf schließen können, daß auch Säugetiere im Bernsteinwald gelebt hatten, und man hat dann auch Haarbüschel von Säugetieren gefunden (aber selbstverständlich sind solch größere Tiere von dem Harz nicht eingefangen worden): die ungehobenen Schätze unbeschriebenen Materials werden zweifellos nicht nur zur Systematik, sondern eben auch zur Tiersoziologie, wie zur Paläoklimatologie und anderen Zweigen der Naturwissenschaft Neues liefern können. Die „Bernstein-Forschungen" werden der Weg dazu sein.

Das erste Heft enthält außer der Einführung zwei Monographien: E. Wasmann, S. J., „Die Paussiden des baltischen Bernsteins und die Stammesgeschichte der Paussiden" und H. Priesner, „Bernstein-Thysanopteren II", sowie Referate. Für die folgenden Hefte wird angezeigt: C. P. Alexander (Amherst, Ma.), „Crane flies of the baltic amber"; C. T. Brues (Boston), „Hymenopteren des Bernsteins"; H. Bischoff (Berlin), „Apiden des Bernsteins"; A Dampf (Mexiko), „Bernstein-Noctuide"; W. la Baume (Danzig-Königsberg) und O. Olshausen †, „Chemische Analysen von prähistorischen Bernstein-Artefakten". Tilly Edinger.

Versuche mit Schallwellen von hoher Frequenz[1]. Schallwellen von sehr hoher Frequenz können mittels Piezoelektrizität erzeugt werden. Es handelt sich dabei um folgende physikalische Erscheinung: Drückt man einen Quarzkristall zusammen, so laden sich seine gedrückten Endflächen entgegengesetzt elektrisch auf; wird der Quarzkristall gezogen, so kehren sich die Aufladungen um. Man kann auch umgekehrt durch entsprechendes Aufladen der Endflächen Dehnung oder Zusammenziehen des Kristalles bewirken. Erfolgt dieses Aufladen periodisch mit Hilfe eines Schwingungskreises, so kann der Kristall zum Schwingen gebracht werden. Die so erzeugten Schallwellen haben dann besonders große Amplituden, wenn die Periode der elektrischen Schwingung mit einer Eigenschwingung des Kristalls zusammenfällt. Bei den folgenden Versuchen wurden Schallwellen von äußerst hoher Frequenz, die weit über der Hörbarkeitsgrenze mit etwa 20000 Schwingungen in der Sekunde liegen, erzeugt, und zwar mittels eines scheibenförmigen Kristalls, dessen Longitudinalschwingungen mit den elektrischen Schwingungen in Einklang gebracht wurden. Diese Hochfrequenzschallwellen mit etwa 750000 Schwingungen in der Sekunde zeigen, wie mit Hilfe einer auf eine Glasplatte aufgebrachten Kohlenstaubschicht nachgewiesen werden kann, die Erscheinung der Reflexion, Interferenz, Brechung und Resonanz wie hörbare Schallwellen. Außerdem wurden aber auch noch andere merkwürdige Beobachtungen gemacht. Fische wurden getötet, wenn sie von einem solchen Schallstrahl getroffen wurden, rote Blutkörperchen brachen auf und Kaulquappen gingen zugrunde. Der Aufbau von Pflanzen konnte zerstört und das Herz eines Frosches oder eines embryonischen Hühnchens stillgesetzt werden. Weitere interessante Ergebnisse zeigten sich, wenn man den hochfrequenten Schallstrahl auf die Oberfläche einer Flüssigkeit lenkte. An der Auftreffstelle bildete sich ein Trichter, aus dem die Flüssigkeitsteilchen wie bei einem Vulkan herausgeschleudert wurden. Zieht man aus einer Röhre einen Glasfaden aus, hält die Röhre in den Trichter und den Glasfaden zwischen Daumen und Zeigefinger, so bemerkt man Brandwunden an den Fingern. Auf diese Weise können auch Wachskugeln geschmolzen werden. Öltropfen werden aus den verengten Teilen einer Röhre herausgeschleudert und bilden beim Entzünden einen schönen Sprühregen.

P. R.

[1] J. of Sci. Instruments **6**, H. 2, 34 (1929) (F. L. Hopwood).

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.